



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique
جامعة محمد خيضر – بسكرة
Université Mohamed Khider – Biskra
Faculté des sciences exactes, des sciences de la nature
et de la vie
Département des Sciences Agronomiques

N° d'ordre :

N° de série :

THESE

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Doctorat en Sciences Agronomiques

Par

Mohammed FACI

THEME

*Impacts du changement climatique sur le cycle
phénologique du palmier dattier
(Cas de Deglet Nour aux Ziban)*

Soutenu publiquement le : 03/10/2021

Devant le jury composé de :

M ^r . TARAI Nacer	Professeur (U.M.K - Biskra)	Président
M ^r . BENZIOUCHE Salah Eddine	Professeur (U.M.K - Biskra)	Directeur de thèse
M ^{me} . MADUREIRA Helena	Professeur (Université de Porto)	Co-directrice de thèse
M ^r . DADAMOUSA Mohammed Lakhdar	M.C.A (U.K.M - Ouargla)	Examineur
M ^r . BENSALAH Mohamed Kamel	M.R.A (C.R.S.T.R.A - Biskra)	Examineur
M ^r . HADJEB Ayoub	M.C.A (U.M.K - Biskra)	Examineur

Année Universitaire : 2020/2021

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

Remerciements

Je tiens à exprimer ma reconnaissance à mon directeur de thèse, Pr BENZIOUCHE S.E, de l'université Mohamed Khider - Biskra, d'avoir accepté de diriger ce travail et pour son aide précieuse, malgré ses multiples occupations.

J'exprime ma profonde gratitude au Pr MADUREIRA H, co-directrice de thèse, de l'université de Porto (Portugal), pour son aide précieuse et sa disponibilité.

Je remercie vivement Pr TARAI N, de l'université Mohamed Khider - Biskra, d'avoir bien voulu présider ce jury.

Je remercie Monsieur DADAMOUSA M.L, maître de conférences à l'université Kasdi Merbah - Ouargla, d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Je remercie Monsieur BENSALAH M.K, maître de recherche au CRSTRA - Biskra, d'avoir accepté d'examiner cette contribution.

Je remercie également Monsieur HADJEB A, maître de conférences à l'université Mohamed Khider - Biskra, d'avoir accepté d'examiner cette thèse.

Je tiens à souligner l'aide très précieuse des collègues qui m'ont facilité l'accomplissement de la présente thèse et la collaboration de tous les phœniciculteurs, administrateurs, chercheurs et techniciens rencontrés. Ainsi qu'à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicace

Je dédie ce travail à :

... L'esprit de mes grands-pères et mes grands-mères...

... Mes parents, qui sans eux je n'ai jamais pu arriver à ce point...

... Mes sœurs et mon frère...

... Ma petite famille, ma femme et mes deux chers enfants...

... Ma grande famille, sans exception...

... Mes amis, mes vrais amis...

... Tous ceux qui m'ont aidé et encouragé durant la réalisation de ce travail...

Résumé

Le réchauffement global a des influences sur tous les domaines qui nous entourent, il a des répercussions sur l'agriculture, qui assure notre nourriture ; de ce fait, il peut engendrer des crises alimentaires planétaires.

Afin de ressortir si ce phénomène a des impacts sur le cultivar Deglet Nour aux Ziban, nous nous sommes opté pour une méthodologie successive, en cinq étapes : i) collecte de données, ii) suivi du cycle phénologique de cette variété et enregistrement des données thermo-hygrométriques, au niveau de cinq palmeraies, iii) enquête de terrain avec des phœniciculteurs âgées (plus de 60 ans) ; iv) traitement et analyse statistique des données recueillies, observées et enregistrées et, v) proposition de quelques éléments d'adaptation.

Les analyses statistiques des données climatiques disponibles, nous ont permis de ressortir que Biskra est une région saharienne à hiver chaud, caractérisée par l'étalement de la sécheresse sur toute l'année. Les températures de l'air ont connu une hausse de 1,10 °C pour les minimales et 1,31 °C pour les maximales ; par contre, les cumuls annuels des précipitations ont connu une réduction. Les perceptions des agriculteurs contactés, rejoignent nos résultats.

Le traitement des données recueilli auprès des phœniciculteurs, par l'analyse en composantes principales, a montré l'influence de la température et de l'humidité relative de l'air sur la qualité des dattes. De notre part, nous avons ressorti une modère corrélation entre l'évolution des quantités produites de dattes avec les températures de l'air ; alors que la corrélation est absente avec les précipitations. Il ressort en général, que le changement climatique influe sur la qualité des dattes, que sur la quantité (taux négligeable).

En outre, nous avons constaté l'avancement temporel des différents stades phénologiques de Deglet Nour à Biskra ; ainsi que la période de la récolte des dattes. L'observation continue, a fait ressortir que : i) l'apparition des spathes est entre janvier et avril, ii) l'ouverture des spathes, entre février et avril, iii) la pollinisation est réalisée entre mars et mai, iv) la maturité des dattes, durant la période août-novembre et, v) la récolte des régimes de dattes, de septembre à novembre. Il faut signaler le décalage entre l'apparition des spathes mâles précoces et les spathes femelles, où ces Dokkar devançaient les Talaat de 30-40 jours.

L'apparition des spathes n'est possible qu'après l'enregistrement d'une température moyenne mensuelle supérieure à 11 °C, alors que la durée nécessaire pour la maturité des dattes est de 22-37 semaines ; tandis que le ralentissement de l'activité végétative est enregistré entre la fin du mois de novembre et le début de mois de mars. Les besoins thermiques pour la maturation de la datte de la Deglet Nour, dans la région des Ziban, sont de 3353 à 4426 °C, alors que la température de l'air à l'intérieur des palmeraies variait entre -1,7 et 52,2 °C et l'humidité de l'air, durant la période de fructification, basculait entre 24 et 60 %.

Mots-clés : Ziban, changement climatique, Palmier dattier, Deglet Nour, cycle phénologiques, besoins thermiques.

ملخص

آثار تغير المناخ على الدورة الفينولوجية لنخيل التمر (حالة دقلة نور في منطقة الزيبان)

يؤثر الإحترار العالمي على جميع الميادين من حولنا، فهو يؤثر على الزراعة التي توفر طعامنا ؛ لهذا، فمن الممكن أن يؤدي إلى أزمات غذائية عالمية.

من أجل معرفة ما إذا كان لهذه الظاهرة تأثير على صنف دقلة نور في منطقة الزيبان، إختارنا منهجية متتالية في خمس مراحل : (1) جمع البيانات، (2) مراقبة الدورة الفينولوجية لهذا النوع من التمر و كذا، تسجيل بيانات الحرارة و الرطوبة ؛ و هذا على مستوى خمس بساتين نخيل، (3) مسح ميداني مع فلاحين متقدمين في السن (أكثر من 60 عامًا)، (4) المعالجة و التحليل الإحصائي للبيانات التي تم جمعها وملاحظتها و تسجيلها، (5) إقتراح بعض عناصر التكيف.

مكنتنا التحليلات الإحصائية للبيانات المناخية المتاحة من إظهار أن بسكرة منطقة صحراوية ذات شتاء دافئ يتميز بتوزيع الجفاف على مدار العام. حيث، إرتفعت درجات حرارة الهواء ب1,10 درجة مئوية للدنيا و 1,31 درجة مئوية للقصى ؛ وعكس ذلك، إنخفضت التساقطات المطرية. في المجمل، إتفقت وجهات نظر المزارعين الذين تم الاتصال بهم مع نتائجنا.

أظهرت معالجة البيانات التي تم جمعها من الفلاحين، من خلال تحليل المكونات الرئيسية، تأثير درجة الحرارة و الرطوبة النسبية للهواء على جودة التمور. من جانبنا وجدنا علاقة إرتباط متوسطة بين التغير في الكميات المنتجة من التمور مع درجات حرارة الهواء، بينما لا يوجد إرتباط مع تهطل الأمطار. بشكل عام، يتضح أن تغير المناخ يؤثر على جودة التمور و ليس على الكميات المنتجة (نسبة ضئيلة). بالإضافة إلى ذلك، لاحظنا التقدم الزمني للمراحل الفينولوجية المختلفة لدقلة نور في بسكرة و كذلك فترة جني التمور.

أظهرت المتابعة المستمرة أن : (1) ظهور الطلعات يكون بين يناير و أبريل، (2) تفتح الطلعات يكون بين فبراير و أبريل، (3) يتم التلقيح بين مارس و مايو، (4) نضج التمور، خلال الفترة من أغسطس إلى نوفمبر و (5) جني التمور، من سبتمبر إلى نوفمبر. تجدر الإشارة إلى الفارق الزمني بين ظهور الطلعات الذكورية المبكرة و ظهور طلعات الإناث، حيث كانت متقدمة عند الذكّار ب 30-40 يومًا.

لا يمكن ظهور الطلعات إلا بعد تسجيل متوسط درجة حرارة شهرية أعلى من 11 درجة مئوية، في حين أن الوقت اللازم لنضج التمور هو 22-37 أسبوعًا، في حين يتم تسجيل تباطؤ النشاط الخضري بين نهاية نوفمبر و بداية مارس. تتراوح المتطلبات الحرارية لنضج تمور دقلة نور في منطقة زيبان من 3353 إلى 4426 درجة مئوية، بينما تراوحت درجة حرارة الهواء داخل بساتين النخيل بين 1,7 و 52,2 درجة مئوية و رطوبة الهواء، خلال فترة الإثمار، تراوحت بين 24 و 60 %.

الكلمات المفتاحية: منطقة الزيبان، التغير المناخي، نخيل التمر، دقلة نور، الدورة الفينولوجية، الإحتياجات الحرارية.

Summary

Impacts of climate change on the phenological cycle of the date palm (Case of Deglet Nour in Ziban region)

Global warming has influences on all areas around us, it has repercussions on agriculture, which insures our food; as a result, and it can lead to global food crises.

In order to determine whether this phenomenon has an impact on the Deglet Nour cultivar in the Ziban region, we opted for a five-step methodology: i) data collection, ii) phenological cycle monitoring of this variety and thermo-hygrometric data recording, at the level of five palm groves, iii) field survey with elderly (more than 60 years old), iv) processing and statistical analysis of data collected, observed and recorded, and v) proposing some elements of adaptation.

Statistical analyses of the available climate data have shown that Biskra is a hot Saharan region, characterized by the spread of drought throughout the year. Air temperatures increased by 1.10°C for the lows and 1.31°C for the highs; however, year precipitation was reduced. The perceptions of the farmers contacted, join our results.

The processing of the data collected from the farmers, using the principal component analysis, showed the influence of temperature and relative air humidity on the quality of the dates. For our part, we found a moderate correlation between the evolutions of the quantities produced of dates with air temperatures; whereas the correlation is absent with precipitation. In general, it appears that climate change affects the quality of dates, only quantity (negligible rate).

In addition, we have observed the temporal progress of the different phenological stages from Deglet Nour to Biskra; as well as the period of date harvesting. The continuous observation, has revealed that: i) the appearance of spathes is between January and April, ii) the opening of spathes between February and April, iii) the pollination is carried between March and May, iv) the maturity of dates, during the period August-November and (v) harvest of date from September to November. It is necessary to point out the time difference between the appearance of the early male spathes and the female spathes, where these Dokkar preceded the Talaat by 30-40 days.

Spathe emergence is only possible after recording a monthly mean temperature above 11°C, while the time required for date maturity is 22-37 weeks; while the slowdown in vegetative activity is recorded between late November and early March. Thermal requirements for the maturation of Deglet Nour dates in the Ziban region are 3353-4426°C, while the air temperature inside the palm groves varied between -1.7 and 52.2°C and the air humidity during the fructification period, between 24 and 60%.

Keywords: Ziban region, climate change, date palm, Deglet Nour, phenological cycle, thermal requirements.

Publications à comité de lecture

FACI M et **BENZIOUCHE S.E** (2021) Contribution to monitoring the influence of air temperature on some phenological stages of the date palm (cultivar 'Deglet Nour') in Biskra. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 20 (4), 248-256. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.02.004>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1658077X21000199>

FACI M, **BENZIOUCHE S.E**, **ROUMANI M**, **BERREDJOUH D**, **KHARFALLAH N.E** et **AZZOUZ R** (2020) Notes de suivi du cycle phénologique du palmier dattier vis-à-vis les nouvelles conditions climatiques (cas de la région des Ziban). *Actes du 33^e Colloque de l'Association Internationale de Climatologie*, France, 295-300.

www.climato.be/aic/colloques/actes/Rennes2020_actes.pdf

Présentations dans des manifestations scientifiques

FACI M et **BENZIOUCHE S.E** (2021) La phœniciculture aux Ziban face à de nouvelles contraintes. *1^{er} Séminaire national sur La gestion du patrimoine phœnicicole dans les oasis algériennes*, organisé par l'Université d'Ouargla, Algérie, le 30 juin 2021.

<https://gppoa.000webhostapp.com/pdf/procs.pdf>

FACI M (2020) Impact du changement climatique sur la phœniciculture. *Inovações metodologicas em estudos ambientais : Comunicaçao e literacia em riscos naturais e tecnologicos*, organisé par l'Université de Porto, Portugal, le 20 février 2020.

https://www.researchgate.net/publication/339385964_Impact_du_changement_climatique_sur_la_phœniciculture

Sommaire

Remerciements	i
Dédicace	ii
Résumé	iii
ملخص	iv
Summary	v
Publications à comité de lecture	vi
Présentations dans des manifestations scientifiques	vi
Sommaire	vii
Liste des abréviations	viii
Liste des annexes	viii
Liste des figures	viii
Liste des photos	xi
Liste des tableaux	xi
Introduction et problématique de la recherche	01
Première partie : Revue bibliographique	06
Chapitre I : Climat et changement climatique	07
Chapitre II : La palmeraie et son environnement	21
Chapitre III : Présentation de la région de l'étude	33
Deuxième partie : Matériel et méthodes	47
Première section : Partie expérimentale	48
Deuxième section : Enquête de terrain	57
Troisième section : Outils d'analyses	60
Quatrième section : Méthodologie du travail	67
Troisième partie : Résultats et discussion	69
Chapitre I : Résultats de l'enquête de terrain	70
Chapitre II : Analyse des données climatiques de Biskra	86
Chapitre III : Relation entre les conditions climatiques et les rendements de dattes	109
Chapitre IV : Résultats de suivi du cycle phénologique de Deglet Nour dans la région des Ziban	117
Conclusion et perspectives	144
Références bibliographiques	153
Annexes	168
Table des matières	191

Liste des abréviations

ANAT	Agence Nationale d'Aménagement du Territoire
APFA	Accession à la Propriété Foncière Agricole
APS	Algérie Presse Service
BNEDER	Bureau National d'Etudes pour le Développement Rural
CRSTRA	Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides
DPSB	Direction de la Programmation et du Suivi Budgétaire
DSA	Direction des Services Agricoles
FAOSTAT	Données de la FAO "Food and Agriculture Organization"
FNRDA	Fond National de Régulation du Développement Agricole
GCA	Générale des Concessions Agricoles
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
IGP	Indication Géographique Protégée
IUCN	International Union for Conservation of Nature
MADRP	Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche
OMM	Organisation Mondiale de Météorologie
ONFAA	Observatoire National des Filières Agricoles et Agroalimentaires
PNDA	Plan National de Développement Agricole
ONM	Office National de la Météorologie
ONU	Organisation des Nations Unies
SAT	Superficie agricole totale
SAU	Superficie agricole utile
SPI	Indice de précipitations normalisé
°C	Degré Celsius

Liste des annexes

Annexes	Page
Annexe 1 : Guide d'enquête	169
Annexe 2 : Fiche d'enquête (en arabe)	175
Annexe 3 : Tableau récapitulatif des résultats de l'enquête	177
Annexe 4 : Résultats de l'analyse de variance multivariée (MANOVA)	181

Liste des figures

Figures	Page
Figure 1 : Répartition spatiale du nombre de palmier dattier en Algérie	24
Figure 2 : Evolution de la superficie occupée par le palmier dattier productif et de la production des dattes dans le monde	25
Figure 3 : Evolution des rendements de dattes en Algérie	26
Figure 4 : Evolution de la superficie occupée par le palmier dattier productif et de la production des dattes en Algérie	26
Figure 5 : Stades d'évolution de la datte	31
Figure 6 : Localisation de la wilaya de Biskra	34
Figure 7 : Limites administratives de la wilaya de Biskra	34
Figure 8 : Distribution de la main d'œuvre active par secteur d'activités dans la wilaya de Biskra	38
Figure 9 : Importance de Deglet Nour par rapport aux autres cultivars du dattier en	41

Algérie	
Figure 10 : Nombre de palmiers dattiers à Biskra	41
Figure 11 : Nombre de palmiers dattiers productifs à Biskra	42
Figure 12 : Production dattière à Biskra	42
Figure 13 : Evolution du nombre de palmiers dattier à Biskra	43
Figure 14 : Evolution du nombre de palmiers Deglet Nour à Biskra	44
Figure 15 : Evolution de la production de dattes à Biskra	45
Figure 16 : Evolution des rendements de dattes à Biskra	45
Figure 17 : Localisation des sites de suivi sur la carte de la wilaya de Biskra	50
Figure 18 : Enregistrement des données sous forme de fichier EXCEL	53
Figure 19 : Enregistrement des données sous forme de graphe	53
Figure 20 : Résultats obtenus par le programme de sélection des données	54
Figure 21 : Méthodologie du travail	68
Figure 22 : Statut foncier des jardins phœnicicoles	71
Figure 23 : Age moyen des palmiers	71
Figure 24 : Résultats de l'analyse en composantes principales	84
Figure 25 : Evolution de la température moyenne annuelle de l'air à Biskra	87
Figure 26 : Evolution de la température minimale annuelle de l'air à Biskra	87
Figure 27 : Evolution de la température maximale annuelle de l'air à Biskra	87
Figure 28 : Evolution de l'amplitude thermique à Biskra	88
Figure 29 : Test de tendance de Mann-Kendall pour les températures minimales à Biskra	88
Figure 30 : Test de tendance de Mann-Kendall pour les températures maximales à Biskra	89
Figure 31 : Evolution du nombre de journées chaudes à Biskra	91
Figure 32 : Evolution du nombre des vagues de chaleur à Biskra	92
Figure 33 : Evolution du cumul annuel des précipitations à Biskra	93
Figure 34 : Résultats de l'analyse de l'indice de pluviosité à Biskra	94
Figure 35 : Résultats de l'analyse de l'indice de l'écart à la moyenne à Biskra	95
Figure 36 : Résultats de l'analyse de l'indice du nombre d'écarts type à Biskra	96
Figure 37 : Résultats de l'analyse fréquentielle à Biskra	96
Figure 38 : Résultats de l'analyse de l'indice de précipitations normalisé à Biskra	97
Figure 39 : Evolution de la vitesse moyenne annuelle du vent à Biskra	98
Figure 40 : Evolution de l'humidité relative moyennede l'air à Biskra	99
Figure 41 : Evolution du cumul annuel de l'évaporation à Biskra	100
Figure 42 : Evolution du cumul annuel d'heures d'ensoleillementà Biskra	101
Figure 43 : Diagramme ombrothermique de la région de Biskra	103
Figure 44 : Climagramme d'Emberger de la région de Biskra	104
Figure 45 : Tendance de l'évolution linéaire de la température minimale de l'air à Biskra	106
Figure 46 : Tendance de l'évolution linéaire de la température maximale de l'air à Biskra	106
Figure 47 : Tendance de l'évolution linéaire des précipitations à Biskra	107
Figure 48 : Variation des températures moyennes annuelles de l'air et des rendements annuels des dattes par hectare en Algérie	110
Figure 49 : Relation entre les températures moyennes annuelles de l'air et les rendements annuels des dattes en Algérie	110
Figure 50 : Variation des températures moyennes annuelles de l'air et des rendements annuels des dattes par palmier à Biskra	111

Figure 51 : Relation entre les températures moyennes annuelles de l'air et les rendements annuels des dattes à Biskra	111
Figure 52 : Variation des températures moyennes annuelles de l'air et des rendements annuels de Deglet Nour par palmier à Biskra	112
Figure 53 : Relation entre les températures moyennes annuelles de l'air et les rendements annuels de Deglet Nour à Biskra	112
Figure 54 : Variation des précipitations et des rendements des dattes par hectare en Algérie	113
Figure 55 : Relation entre les précipitations et les rendements des dattes en Algérie	114
Figure 56 : Variation des précipitations et des rendements de Deglet Nour par palmier à Biskra	114
Figure 57 : Relation entre les précipitations et les rendements des dattes à Biskra	115
Figure 58 : Variation des précipitations et des rendements de Deglet Nour par palmier à Biskra	115
Figure 59 : Relation entre les précipitations et les rendements de Deglet Nour à Biskra	116
Figure 60 : Durée de la maturité des dattes de Deglet Nour aux Ziban	123
Figure 61 : Variation de la température quotidienne de l'air et des dates du début des stades phénologiques à Dachra	126
Figure 62 : Variation de la température quotidienne de l'air et des dates du début des stades phénologiques à Lemkimnet	127
Figure 63 : Variation de la température quotidienne de l'air et des dates du début des stades phénologiques à Mangae Bougtaf	127
Figure 64 : Variation de la température quotidienne de l'air et des dates du début des stades phénologiques à Zaatcha	127
Figure 65 : Variation de la température quotidienne de l'air et des dates du début des stades phénologiques à Zaouiet Ben Ouaar	128
Figure 66 : Variation mensuelle de l'amplitude thermique dans la palmeraie de Dachra	133
Figure 67 : Variation mensuelle de l'amplitude thermique dans la palmeraie de Lemkimnet	133
Figure 68 : Variation mensuelle de l'amplitude thermique dans la palmeraie de Mangae Bougtaf	133
Figure 69 : Variation mensuelle de l'amplitude thermique dans la palmeraie de Zaatcha	134
Figure 70 : Variation mensuelle de l'amplitude thermique dans la palmeraie de Zaouiet Ben Ouaar	134
Figure 71 : Variation mensuelle des conditions thermohygrométriques à l'intérieur de la palmeraie de Dachra	135
Figure 72 : Variation mensuelle des conditions thermohygrométriques à l'intérieur de la palmeraie de Lemkimnet	135
Figure 73 : Variation mensuelle des conditions thermohygrométriques à l'intérieur de la palmeraie de Mangae Bougtaf	136
Figure 74 : Variation mensuelle des conditions thermohygrométriques à l'intérieur de la palmeraie de Zaatcha	136
Figure 75 : Variation mensuelle des conditions thermohygrométriques à l'intérieur de la palmeraie de Zaouiet Ben Ouaar	136
Figure 76 : Variation mensuelle des précipitations à Biskra	138
Figure 77 : Besoins thermiques pour la maturité des dattes de Deglet Nour aux	140

Liste des photos

Photos	Page
Photo 1 : Impact de la sécheresse météorologique sur le sol	16
Photo 2 : Invasion de criquets en Afrique de l'Ouest	18
Photo 3 : Thermo-hygromètre placé dans la palmeraie de Zaatcha	51
Photo 4 : Enregistreur de la température et de l'humidité relative de l'air	52
Photo 5 : Palmeraie de Mangae Bougtaf	55
Photo 6 : Arbres fruitiers sous palmiers dans la palmeraie de Sidi Okba	72
Photo 7 : Cuvette d'irrigation 'Eddair' dans la palmeraie de Sidi Okba	73
Photo 8 : Décalage de la maturité des fruits sur le même régime de dattes dans la palmeraie de Sidi Okba	82
Photo 9 : Dattes prématurées dans la palmeraie de Mangae Bougtaf en 2018	118
Photo 10 : Dattes asséchées dans la palmeraie de Lemkimnet en 2018	122
Photo 11 : Ensachage des régimes de dattes dans la palmeraie de Lemkimnet	139

Liste des tableaux

Tableaux	Page
Tableau 1 : Répartition de la production végétale selon la superficie et la production dans la wilaya de Biskra	38
Tableau 2 : Cycle végétatif annuel de la Deglet Nour	43
Tableau 3 : Données climatiques disponibles de Biskra	50
Tableau 4 : Sites et périodes d'enregistrement de la température et de l'humidité de l'air	51
Tableau 5 : Caractéristiques de l'instrument de mesure et d'enregistrement de la température et de l'humidité relative de l'air	52
Tableau 6 : Caractéristiques des sites d'expérimentation	55
Tableau 7 : Patrimoine phœnicicole de Sidi Okba et de Tolga	58
Tableau 8 : Nombre de phœniciculteurs de la wilaya de Biskra	59
Tableau 9 : Sévérité de la sécheresse	63
Tableau 10 : Classes de sécheresse en fonction des fréquences	63
Tableau 11 : Valeurs et significations de l'SPI	64
Tableau 12 : Matrice de corrélation de l'analyse en composantes principales	84
Tableau 13 : Evolution de la température minimale annuelle de l'air à Biskra	88
Tableau 14 : Evolution de la température maximale annuelle de l'air à Biskra	89
Tableau 15 : Evolution du nombre de journées chaudes par décennie à Biskra	91
Tableau 16 : Evolution du nombre de vagues de chaleur par décennie à Biskra	92
Tableau 17 : Comparaison entre le nombre des années sèches et ce des années humides	98
Tableau 18 : Résumé des données météorologiques de Biskra	102
Tableau 19 : Dates du début des principaux stades phénologiques et de la récolte de Deglet Nour dans la région des Ziban	119
Tableau 20 : Stades phénologiques de Deglet Nour aux Ziban	120
Tableau 21 : Durée des principaux stades phénologiques de Deglet Nour dans la	124

région des Ziban	
Tableau 22 : Températures de l'air enregistrées avant l'apparition des spathes aux Ziban	129
Tableau 23 : Températures de l'air enregistrées avant le début de la maturité des dattes Deglet Nour aux Ziban	130
Tableau 24 : Périodes d'enregistrement des températures moyennes inférieures à 10 °C	131
Tableau 25 : Températures absolues enregistrées à l'intérieur des palmeraies	132
Tableau 26 : Besoins thermiques de Deglet Nour dans la région des Ziban	141

***Introduction et
problématique
de la recherche***

Le climat est une information statistique, une synthèse des variations météorologiques se concentrant sur une zone spécifique pendant un intervalle spécifié ; selon Ramamasy et Baas (2007), le climat est généralement basé sur les conditions météorologiques d'une localité, en moyenne pendant au moins 30 ans. Alors que le temps est l'état quotidien de l'atmosphère et ses variations à court terme (de quelques heures à quelques semaines) (OMM, 2007), telles que la température de l'air, l'humidité relative de l'air, les précipitations, la nébulosité, la visibilité ou le vent.

Depuis la révolution industrielle au pays occidentaux, caractérisée par le recours massif à la mécanisation de l'industrie, la consommation du charbon et des carburants a multipliée. Cette activité humaine a provoqué un réchauffement de la planète d'environ 1 °C supérieur aux niveaux préindustriels. Marbaix (2018), évoque que ce réchauffement se poursuit actuellement à un rythme d'environ 0,2 °C par décennie. Le réchauffement provoqué par les émissions anthropiques de la période préindustrielle à nos jours persistera pendant des siècles, voire des millénaires. Les différents rapports du Groupe d' Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC), lancent une augmentation moyenne jusqu'à 2 °C au terme de ce siècle. En effet, les gaz à effet de serre (GES) émis par les activités humaines augmentent l'épaisseur de la « couverture atmosphérique », entraînant l'augmentation de la température globale. D'après Lescarmontier et al (2019), ce réchauffement a induit un changement plus général du climat, appelé changement climatique.

Ce changement climatique a accentué la fréquence d'enregistrement des extrêmes climatiques, telles que les sécheresses prolongées, les pluies diluviennes, les canicules répétitives, etc. Ces phénomènes naturels ont engendré des catastrophes, surtout dans les régions vulnérables ; à titre d'exemple, l'ONU (2019) relate qu'en 2018 : i) 35,4 millions de personnes dans le monde ont été confrontées par les inondations, ii) 12,8 millions par les tempêtes et, iii) 9,3 millions de personnes ont fait face à une sécheresse. En total, les catastrophes naturelles ont affecté 61,7 millions de personnes et fait 10733 décès dans le monde en 2018.

Cette modification climatique a affectée la dynamique de vie de la majorité des êtres vivants et de leurs environnements. Pour l'être humaine, l'agriculture est considérée comme une activité économique qui devrait être vulnérable à cette variabilité et à ce changement climatique. Selon Kerveno (2019), l'agriculture implique des processus naturels qui nécessitent souvent des proportions fixes de nutriments, des températures, des précipitations et d'autres conditions.

Ainsi, les changements des températures de l'air, les cumuls et l'intensité des précipitations et les extrêmes climatiques ayant un impact important sur l'érosion des sols (c.-à-d. inondations, sécheresses, etc.). En plus de ce que nous avons cité, Yohannes (2016) a avancé que le changement climatique incite des modifications dans les activités des ravageurs et les maladies, changements dans le dioxyde de carbone atmosphérique, changements dans la qualité nutritionnelle de certains aliments, changements dans la saison de croissance et changements dans le niveau de la mer. Les études récentes sur les rendements des cultures dévoilent une forte corrélation avec le changement de température et avec la durée des vagues

de chaleur ou de froid, et différent selon les stades de maturité des plantes lors d'événements météorologiques extrêmes.

Au regard des effets du changement climatique sur la production alimentaire, ce défi se révèle encore plus intimidant. D'après Jalloh et al (2017), les flambées des prix de denrées alimentaires à l'échelle mondiale, en 2008, 2010 et 2012, sont des signes avant-coureurs d'un avenir trouble de la sécurité alimentaire mondiale.

Depuis la fin des années 1980, le débat sur le changement climatique global a pris une part de plus en plus grande et l'agriculture s'y est rapidement trouvée mise en cause, à travers sa contribution à l'émission de plusieurs gaz à effet de serre. En outre, la déforestation ou les feux de brousse contribuent à l'émission de gaz carbonique, la partie agricole du cycle de l'azote à celle de divers composés gazeux de cet élément (NO, NO₂...), les rizières ou l'élevage, à l'émission de méthane (Mazoyer et al, 2002).

A nos jours, les débats se poursuivent entre les politiciens sur la problématique de changement-variation climatique ; une minorité des décideurs du monde croie que le réchauffement planétaire actuel est l'issu d'une variation naturelle du climat, existée déjà depuis des millions d'années.

Quelque soit la classification de ce dérèglement climatiques, la tendance à la hausses des extrêmes météorologiques est une réalité vécue ; elle est observée par la fréquence et l'intensité des vagues de chaleur et de froid, des inondations, des sécheresses, des cyclons, etc. Selon Kerveno (2019), le Sud méditerranéen est en première ligne du réchauffement climatique. L'Algérie, située dans une zone de transition entre les régimes tempérés et subtropicaux, présente une grande sensibilité au climat. Elle est exposée aux phénomènes extrêmes comme les inondations catastrophiques, les sécheresses prolongées et récemment les séquences caniculaires (Derkaoui, 2012 ; Faci et al, 2018a) ; toutefois, les projections du GIEC, pour 2060, annoncent une hausse des températures allant jusqu'à 5 °C (Bourjac, 2019).

Plus de 80 % de la superficie de l'Algérie se situe au Sahara. Ce dernier est le plus grand désert du monde. Il occupe la majorité de la partie Nord de l'Afrique et s'étend de l'océan Atlantique à l'Ouest à la mer Rouge à l'Est et de la mer Méditerranée au Nord à la région du Sahel au Sud. Hereher (2011), estime que la superficie du Sahara est d'environ 10 millions de km².

L'importance socioéconomique et environnementale du palmier dattier en Algérie est une donnée connue et non discutable, que soit par la sédentarisation de la population, le marché d'emploi qu'elle offre dans les régions oasiennes et par la part de devise généré par l'exportation des dattes (Benzouche, 2012).

Autrement dit, le palmier dattier constitue le pivot central du système oasien, où la vie était presque impossible en dehors de l'oasis ; c'est un écosystème très particulier, car il est fragile et complexe à la fois (Bouammar, 2007 ; Benzouche et Chehat, 2010).

Le patrimoine phœnicicole algérien dépasse les 20 millions de palmiers, répartie sur 952 cultivars, dont plus de 62 % de pieds de Deglet Nour. La production a connu une augmentation depuis la deuxième moitié de la première décade de ce millénaire. Le chiffre

des exportations de dattes a dépassé les 71 millions de dollars en 2020 (Bouguedoura et al, 2015 ; ONFAA, 2016a ; Moulai et Yahaya, 2019 ; FAOSTAT, 2020 ; APS, 2021a).

Le secteur agricole contribue à l'emploi de la moitié de la main d'œuvre active dans la wilaya de Biskra, plus de 191 milles personnes. La phœniciculture a offert plus de 32 milles poste du travail en 2021, selon les estimations de la Direction des services agricoles de la wilaya de Biskra ; ce chiffre peut se multiplie jusqu'à cinq, lors de la saison de récolte des dattes. Toutefois, le nombre d'adhérents de la Chambre de l'agriculture de la wilaya de Biskra, porteurs de la carte du Fellah, ne dépasse pas les 18229 personnes, sur la même année.

Néanmoins, la phœniciculture trouve des difficultés dans son fonctionnement surtout dans le segment de production, de commercialisation et environnementale. D'après Benziouche (2012), le rendement moyen par palmier reste faible en raison de plusieurs contraintes, notamment celles liées au changement climatique. En effet, l'hypothèse d'un dérèglement climatique majeur, est maintenant établie avec une certitude (90 %) (OMM, 2007).

Ainsi énuméré, nous voulons connaitre, à travers notre sujet de recherche, si le changement climatique a des impacts sur la phœniciculture aux Ziban ?

- Est-ce que ce changement influe sur le cycle phénologique du palmier dattier ?
- Quelles sont les conséquences de ce dérèglement ?
- Comment faire face à cet état ?
- Et à quel degré le palmier dattier peut s'adapter à ce phénomène naturel ?

C'est à partir de ces questions, que découlent nos hypothèses de réflexion et qui portent pour l'essentiel sur :

1- L'inexistence d'impact du changement climatique sur la phœniciculture, car cet agrosystème s'est adapté depuis des milliers d'années avec les conditions rudes du Sahara, telles que les fortes températures, l'ensablement, le manque d'eau, la salinité des sols et des eaux d'irrigation, etc. Selon Xia (2020), dans le futur, la phœniciculture pourra garantir les besoins alimentaires des populations humaines vivantes dans les régions arides, car cette plante pourra résister aux dures conditions environnementales.

2- L'influence directe de ce dérèglement climatique sur le palmier dattier, à l'instar de la majorité des cultures qui ont été affectées par ce phénomène naturel. Amrani (2018) prévoit que le palmier dattier sera menacé par le changement climatique, surtout la Deglet Nour de Biskra ; il prédit qu'elle peut perdre son label d'Indication Géographique Protégée (IGP).

3- L'adaptation de *Phoenix dactylifera* L. avec la variation du climat, parce que cette plante monocotylédones était, depuis long temps, l'axe principal de l'écosystème oasien ; qui a permis l'installation et la survie des populations humaines, végétales et animales. Cette hypothèse est soutenue par Hami (2015) ; selon cet auteur, le palmier dattier constitue une des rares cultures à vocation alimentaire adaptées aux conditions climatiques extrêmes (sécheresse, salinité, etc.).

Puisque la grande variabilité naturelle des éléments du climat méditerranéen, qui caractérise l'Algérie, rend assez difficile la détection d'un changement climatique (Derkaoui,

2012). Nous sommes obligés, dans un premier temps, de confirmer ou d'infirmier l'existence d'un tel changement, à travers des analyses statistiques.

Dans un second temps, et suite à la probabilité d'une augmentation des températures durant les années avenir, qui pourrait avoir un impact significatif sur le développement végétatif des plantes, nous allons évoquer l'impact du climat sur le cycle phénologique du palmier dattier. A cette partie, nous devons foncer sur les enquêtes du terrain et sur le suivi des différents stades du développement de la datte, pour connaître s'il y a :

- Une variabilité des stades phénologiques,
- Une précocité ou une tardivité de la maturité des fruits,
- Un changement des besoins thermiques du palmier dattier,
- Une baisse de production (Rendements),
- Une apparition ou une disparition des maladies, ravageurs, etc.

Pour cette partie, notre modeste contribution vise à suivre le cycle phénologique de la fameuse « Deglet Nour » ; qui est la variété la plus commercialisé en Algérie, la plus exporté et la seule qui détient un label d'IGP.

Dans un troisième temps, nous allons essayer de ressortir les conséquences du changement climatique sur le palmier dattier, pour connaître comment nous devons faire face à ce dérèglement, dans le but de promouvoir la phœniciculture ; qui représente la base de tout développement durable dans la région des Ziban.

Première partie

***Revue
bibliographique***

Chapitre I : Climat et changement climatique

La climatologie est une branche qui combine entre la géographie physique et la météorologie ; elle s'intéresse à l'étude des composants du climat et leurs interactions. Dans ce qui suit, nous allons exposer quelques notions de base qui donnent plus de lumière sur le climat et le changement climatique.

1. Climat

Le terme « climat » est apparu dans la langue française au XII^e siècle, comme dérivé du latin « climatis » qui provient du grec « klima » qui désigne l'inclinaison de la Terre par rapport au Soleil. Les premiers découpages climatiques ont été établis selon l'inclinaison des rayons du Soleil par rapport à l'horizon (Yahiaoui, 2015).

Le climat est ensemble des conditions météorologiques décrivant les variations journalières, saisonnières et annuelles à travers l'évolution de grandeurs ponctuelles, moyennes, et de leur variabilité, qui permettent de caractériser l'état et les potentialités climatiques d'un lieu donné. Selon Mazoyer et al (2002), les grandeurs sont principalement la pression, la pluie, les rayonnements incidents et les caractéristiques de l'air que sont le vent, la température et l'humidité ; quelques autres grandeurs très descriptives sont utilisées : couverture nuageuse, nombre de jours de gel, de neige, de présence de brouillards, etc.

Dans le quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC), rapporte que le Climat est généralement décrit en termes de moyen et de variabilité de la température, de précipitation et de vent pour une période comprise entre des mois et des millions d'années (la période normale étant de 30 ans) (Le Treut et al, 2007).

La climatologie est une science récente et développée après la seconde guerre mondiale, mais avec quelques références de travaux ou recherches dans le passé. D'après Pinson (2016), cette spécialité fait intervenir de nombreuses disciplines : géographie, architecture, physique, etc.

Selon les échelles d'espace et de temps, on définit les macroclimats (échelle des grandes zones continentales ou océaniques, quelques milliers de kilomètres de côté), les mésoclimats (échelle régionale des études synoptiques de la météorologie, quelques dizaines de kilomètres de côté), les microclimats (échelle locale, quelques kilomètres) et les phytoclimats (échelle parcellaire, climat induit par les couverts végétaux, de quelques centimètres à quelques centaines de mètres) (Mazoyer et al, 2002).

Alors que selon le phénomène qui domine, on dit que le climat est chaud, froid ou tempéré, sec ou humide, calme ou venteux, on considère toutefois la chaleur qui exerce la plus grande influence, viennent ensuite les quantités d'eau tombée dans les diverses saisons de l'année, l'humidité ou la sécheresse de l'air, les vents dominants, le nombre et la répartition des orages au cours de l'année, la nébulosité de l'aire, la nature du sol et celle de la végétation qui le recouvre (Yahiaoui, 2015).

Le climat saharien en Algérie est caractérisé par (Messar, 1993 ; Chehma, 2011) :

- Une pluviométrie de 20 à 150 mm/an avec une répartition très irrégulière, les précipitations ont pratiquement toujours lieu sous forme de pluies. Elles sont caractérisées par leur faible importance quantitative et les pluies torrentielles sont rares.
- Les températures moyennes annuelles sont élevées, avec des maxima absolus pouvant dépasser 50 °C, et des minima de janvier variant de 2 à 9 °C ; la température du sol en surface peut dépasser 70 °C. Cependant, en profondeur, les températures vont diminuer rapidement et s'équilibrer. Les températures diurnes très élevées en été, notamment à Adrar, In Salah et Ouargla et des températures basses en hiver (gelées durant les mois de décembre à mi-février) ; il ne peut geler, normalement, que dans la partie Nord du Sahara et bien entendu sur les montagnes.
- Les durées d'insolation sont évidemment très importantes au Sahara (de 9 à 10 heures par jour), associées à une luminosité intense.
- Un régime de vent orienté de Nord-Ouest en hiver à Sud-Ouest en été, qui se traduit par des courants chauds et secs, souvent violent, occasionnant des tempêtes de sable au centre du Sahara avec déplacement de dunes entières dans l'Oued Souf.
- Des altitudes variant de -33 à +1378 m (Chott Melghir et Tamanrasset).
- Un indice d'aridité de 4,6 à 5, correspondant à un type du climat aride.

1.1. Météorologie

La météo (ou le temps) est ce qui se passe maintenant, ou est susceptible de se produire demain ou dans un avenir très proche (Ramamasy et Baas, 2007). Alors que la météorologie est la science étudiant les phénomènes atmosphériques et les lois qui les régissent en vue d'une meilleure prévision du temps et d'une prédiction avisée de ses conséquences sur l'environnement et les activités humaines (Mazoyer et al, 2002).

La distinction entre la discipline de la météorologie et de la climatologie se fait progressivement durant la première moitié du XX^{ème} siècle. La météorologie étudie les processus physiques qui déterminent l'évolution et rend compte des phénomènes essentiellement observés dans sa partie la plus basse. Ces phénomènes interactifs avec les milieux connexes de l'atmosphère (océan, cryosphère, biosphère, etc.) sont analysés et traités à toutes les échelles du temps (Pinson, 2016).

1.2. Principaux éléments du climat

Le climat est le temps « moyen » pour un lieu ou une région donné. Il définit les conditions météorologiques typiques pour une zone donnée sur la base de moyennes à long terme. Le temps est la condition atmosphérique actuelle dans un endroit donné. Cela inclut des variables telles que la température, les précipitations, le vent ou l'humidité. Le climat est donc un sous-ensemble de la météorologie (Ramamasy et Baas, 2007 ; Pinson, 2016). Plus rigoureusement, le climat est déterminé grâce à la moyenne et la variabilité de certains paramètres sur une

période de temps allant de plusieurs mois à plusieurs milliers ou millions d'années. Ces paramètres (variables de surface telles que la température, les précipitations et le vent) sont habituellement moyennés sur une période de 30 ans (Lescarmontier et al, 2019).

1.2.1. Pression atmosphérique

La Terre est entourée d'une couche d'air qui nous permet de respirer et de vivre. Cette couche d'air s'élève à une grande altitude en devenant de moins en moins dense (sa masse volumique diminue avec l'altitude). D'après Peiser (2015) et Triplet (2020), les trois quarts de cette masse se situent à une altitude inférieure à 11 km. L'atmosphère est retenue par la Terre grâce à la gravité (la Lune ou des planètes comme Mars n'ont pas d'atmosphère parce que leur masse et donc leur champ de gravitation sont trop faibles). Cette masse d'air a un poids qui pèse sur toute la surface de la Terre. Comme on a défini une pression par ($p = F/S$), le poids de l'atmosphère doit se manifester par une certaine pression ($p_{\text{atm}} = P/S$) (avec P le poids de la colonne d'air au-dessus de la surface S). Cette pression est appelée pression atmosphérique.

La pression atmosphérique est donc en quelque sorte une pression hydrostatique, où le liquide est cependant remplacé par de l'air. La valeur de la pression atmosphérique normale est de 1013 hPa. L'unité de mesure de la pression de l'air en un point donné est le millibar. Elle est mesurée par un baromètre ou un altimètre (OMM, 1950, 2017).

1.2.2. Température

La température est une grandeur physique qui caractérise de façon objective la sensation, elle subjective, de chaleur ou de froid. Historiquement, au fur et à mesure du développement des connaissances et des techniques, il fallut à un moment donné pouvoir définir la température plus précisément que par très froid, froid, tiède, chaud ou très chaud. C'est au XVIII^e siècle que furent inventées les échelles de température (Nothias, 2007). Deux subsistent aujourd'hui. Il s'agit de celle inventée en 1742 par Anders Celsius, un physicien et astronome suédois, et de celle mise au point en 1714 par Daniel Gabriel Fahrenheit, un physicien allemand. Le Celsius (°C) est notre degré de tous les jours tandis que le Fahrenheit (°F) est celui des Américains. Selon le bilan des énergies captées ou perdues par un corps, sa température va croître (gain d'énergie) ou diminuer (perte d'énergie). Les échanges de chaleur sensible avec l'air se font proportionnellement à l'écart de température entre l'air et la surface des corps (Mazoyer et al, 2002).

La température est un facteur déterminant pour la croissance, le développement et les réactions biologiques des êtres vivants (végétaux et micro-organismes surtout, mais aussi animaux). Selon Mazoyer et al (2002), on peut déterminer, pour tous les processus biologiques, une température seuil de démarrage, une température optimale et une température létale.

Pour les végétaux, cette action se fait sentir tout au long de la croissance et des stades de développement de la plante. Les animaux d'élevage, sont des homéothermes qui doivent

maintenir constante leur température interne (souvent donnée par la température rectale). Alors que la loi générale des températures seuils et létales en biologie est exploitée à des fins de conservation des aliments. Les fortes températures sont utilisées pour la stérilisation et donc la destruction plus ou moins totale de germes néfastes aux propriétés des aliments, voire pathogènes. Les faibles températures en dessous des seuils de développement des microorganismes permettent de conserver les aliments (réfrigération ou, pour les aliments qui supportent une congélation, surgélation, laquelle évite toute évolution des produits et tout développement de germes) (Mazoyer et al, 2002 ; OMM, 2017).

1.2.3. Vent

C'est le déplacement convectif d'une masse d'air induit par des différences de pression (déplacement horizontal) ou de densité de cette masse d'air liées à des différences de température (déplacement vertical). Le vent est spécifié par deux nombres représentant la direction et la vitesse (ou force). Si le vent est caractérisé par de rapides fluctuations de la vitesse, il est qualifié 'vent en rafales'. La direction du vent est entendue comme la direction d'où souffle le vent. Elle est exprimée en degrés et mesurée par une Girouettes, comptés dans le sens des aiguilles d'une montre, depuis le Nord géographique ou en utilisant les points de la boussole. Quant à la vitesse du vent, mesurée par les anémomètres, elle est exprimée en nœuds dans les messages synoptiques. Elle se mesure aujourd'hui en m/s ou en km/h selon les effets perceptibles du vent (Mazoyer et al, 2002 ; OMM, 2017 ; Kharbouch, 2017).

1.2.4. Précipitations

Les précipitations, en climatologie, sont l'ensemble des apports d'eau sur une surface dus aux pluies, à la rosée, au dépôt de gouttelettes provenant de brumes ou de brouillards et à la captation de gouttelettes d'eau apportées par convection, par les nuages ou les brouillards qui rencontrent ces surfaces (L'hôte, 1993 ; Mazoyer et al, 2002).

La quantité totale des précipitations qui atteignent le sol pendant une période donnée est exprimée comme étant l'épaisseur dont elles couvriraient une surface horizontale, s'il n'y avait pas de perte par évaporation ou par écoulement et si aucune partie des précipitations tombées sous forme de neige ou de glace n'avait fondu. Les chutes de neige sont aussi mesurées par l'épaisseur de neige couvrant une surface plane (OMM, 1950). Le but principal de toute méthode de mesure des précipitations devrait être d'obtenir un prélèvement qui soit vraiment représentatif de la chute sur la région à laquelle se réfèrent les mesures. Le choix de l'emplacement, la forme et l'exposition des pluviomètres et des nivomètres et les mesures préventives pour empêcher la perte par évaporation et les effets d'éclaboussement sont, par conséquent, des points importants à considérer.

Généralement, l'unité de mesure des précipitations est le millimètre (mm), les lectures étant faites au plus proche dixième de millimètre. Si la mesure est faite en pouces, les lectures devraient être faites au plus proche centième de pouce. L'épaisseur de la neige devrait être mesurée, de préférence, en centimètres. Approximativement, un centimètre de neige est à peu près équivalent à un millimètre de pluie, mais le rapport dépend en grande partie de

l'épaisseur et de la nature de la neige. Le même rapport est applicable si l'épaisseur est mesurée en pouces (OMM, 2017).

La sécheresse est une période prolongée de déficits des précipitations entraînant des dommages importants pour les cultures et une perte conséquente de rendement, elle fait partie des aléas climatiques les plus catastrophiques en termes de pertes économiques et sociales à court et à long terme pour des millions de personnes dans le monde (IUCN, 2015). On peut donc s'attendre au cours des années à venir à des situations contrastées alternées de sécheresse et d'excédents pluviométriques. La conséquence serait l'augmentation des catastrophes hydro-climatiques.

La sécheresse associée à d'autres aléas climatiques tels que la canicule et les vagues de chaleur, joue toujours un rôle perturbateur et ses impacts sur les secteurs économiques sont souvent immédiats. D'après la FAO (2015) les dégâts et les pertes dus à la sécheresse sur l'ensemble des catastrophes naturelles sont de plus de 15 %. A elles seules, les sécheresses représentent 85,8 % des pertes de bétail. Une seule année de sécheresse peut retarder des années de développement social. Selon Safar-Zitoun (2018), la pénurie d'eau à elle seule pourrait coûter à certaines régions jusqu'à six pour cent de leur PIB d'ici 2050, déclenchant à leur tour une migration de masse et des conflits liés à la diminution des ressources.

La sécheresse peut avoir des aspects divers qui varient suivant le type de ressource affectée par ce phénomène naturel et suivant le type d'activité économique le plus touché. On peut définir différents types de sécheresse d'après ses caractéristiques, nous citons entre autres (Alouini et Bergaoui, 2001 ; Dhaou, 2003 ; Dhaou et al, 2009) : i) la sécheresse hydrologique, ii) la sécheresse hydrogéologique, iii) la sécheresse agricole, iv) la sécheresse édaphique, v) la sécheresse socio-économique et vi) la sécheresse météorologique. Tandis que cette dernière est l'événement moteur des autres types de sécheresse.

La sécheresse météorologique est le type de sécheresse qui survient lorsque les précipitations sont bien inférieures à la normale au cours d'une longue période ; c'est un déficit des disponibilités naturelles en eau par rapport à leur valeur moyenne, et pendant un temps suffisamment long pour que le besoin se fasse sentir. Selon Dhar et al (1979), une sécheresse météorologique est lorsqu'on a un manque de 20 % ou plus au-dessous de la moyenne normale des pluies.

1.2.5. Humidité

En général, l'humidité est l'état de ce qui est chargé d'eau ou de vapeur d'eau. L'atmosphère contient en permanence une grande quantité de vapeur d'eau, qui provient de l'évaporation des surfaces liquides (mers, lacs, fleuves) et de l'évapotranspiration du sol et des végétaux. Selon Mazoyer et al (2002), on appelle humidité absolue la quantité d'eau (en grammes) contenue dans un mètre carré (1 m^3) d'air. Pour une température et une pression données, un certain volume d'air ne peut contenir qu'une quantité limitée de vapeur d'eau : son humidité absolue ne peut donc pas dépasser ce seuil. Quand cette limite est atteinte, l'air est dit saturé et l'eau passe à l'état liquide : la vapeur d'eau se condense sous forme de fines gouttelettes, constituant ainsi les nuages, la rosée, le brouillard, etc. On appelle humidité

relative ou degré hygrométrique le rapport entre l'humidité absolue et la quantité maximale d'eau que pourrait contenir l'air dans les mêmes conditions de pression et de température. L'humidité relative de l'air (HR ou pression de vapeur d'eau dans l'air) est définie par le rapport (en %) entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la température T_a (pression partielle de vapeur d'eau de l'air) et la quantité maximale d'eau contenue à la même température (pression de vapeur d'eau saturante de l'air) (Ribeyre, 2015 ; Pinson, 2016 ; Davis et al, 2016).

1.2.6. Evaporation et évapotranspiration

L'évaporation est une transformation sans ébullition d'un liquide en vapeur. En climatologie, l'évaporation est un processus énergétique essentiel du cycle de l'eau. Toutes les surfaces reçoivent de l'eau liquide par les pluies et perdent cette eau par évaporation. L'évaporation nulle est rare car elle nécessite deux conditions simultanées : d'une part un apport d'énergie nul et d'autre part un air totalement saturé en eau (ces conditions se rencontrent parfois durant certaines périodes nocturnes). Même sans rayonnement (énergie radiative nulle), l'évaporation se poursuit, car la surface se refroidit et l'air plus chaud apporte alors l'énergie nécessaire à l'évaporation. Inversement, même dans un air saturé, le rayonnement diurne provoque de l'évaporation par augmentation de la température de surface qui augmente la pression de vapeur saturante à la surface. La connaissance de ce phénomène est donc essentielle pour établir les bilans hydriques et satisfaire, par irrigation si nécessaire, les besoins en eau des cultures (Mazoyer et al, 2002 ; Wang et al, 2007).

De ça part, l'évapotranspiration est le cumul de l'évaporation de la surface du sol et de la transpiration des plantes. La transpiration des végétaux n'est pas comme pour les animaux une excrétion active (sueur), mais un simple phénomène passif d'évaporation énergétique qui se produit au sein de la feuille, dans les méats des tissus lacuneux et en particulier les chambres sous stomatiques. Par rapport à l'évaporation, la transpiration signifie que l'eau évaporée provient de l'eau du sol qui a transité dans les racines et le xylème (sève brute) pour atteindre les sites d'évaporation de la feuille, à travers les cellules ou entre les parois du tissu lacuneux. Ce terme signifie aussi que la vapeur d'eau produite doit s'échapper de la feuille par un processus de diffusion de la vapeur à travers les ostioles des stomates (pores disséminés à la surface des feuilles) puisque le reste de la feuille est presque totalement imperméable (cuticule). Ces stomates représentent le système de régulation des pertes par transpiration (régulation stomatique) ; la fermeture stomatique peut réduire presque complètement les pertes d'eau, lorsque l'eau du sol se raréfie et que son potentiel hydrique atteint le point de flétrissement permanent. Cette régulation stomatique conduit à définir plusieurs valeurs, essentielles pour aborder le calcul de l'évaporation réelle (ETR ou ET) des cultures (Mazoyer et al, 2002 ; Oudin, 2004 ; OMM, 2017) :

- **L'évaporation potentielle (EP)** est l'évaporation d'une structure donnée (définie par la répartition des surfaces foliaires selon la hauteur du couvert) dont toutes les surfaces d'échange (sol et culture) sont saturées en eau (culture mouillée après une pluie ou la rosée).

- **L'évapotranspiration maximale** (ETM) est l'évaporation d'une culture réelle, mais avec la condition particulière d'une disponibilité en eau maximale pour la culture (sol à la capacité de rétention au champ).
- **L'évapotranspiration réelle** (ETR ou ET) est, à un moment donné, la perte d'eau de la culture par évaporation qui ne dépend, par rapport à EP ou ETM, que de l'état de la réserve en eau du sol.

1.2.7. Ensoleillement

Temps pendant lequel un lieu est ensoleillé. La durée d'ensoleillement au cours d'une journée se mesure en durée d'insolation (en heures) ; l'intensité de l'énergie solaire reçue est donnée par la valeur du rayonnement global, valeur qui doit être corrigée par la position de la parcelle (orientation et pente). En moyenne annuelle, l'ensoleillement sera caractérisé par les deux grandeurs classiques de durée et d'intensité du rayonnement solaire reçu (Mazoyer et al, 2002 ; OMM, 2017).

2. Variation climatique

Différents paramètres d'origine externes au système climatique, sont à l'origine des variations climatiques ; forçage radiatif ajoutant ses effets à ceux du forçage volcanique et à ceux ayant pour origine l'expansion et l'évolution de la vie (production d'oxygène, albédo modifiée par la couverture végétale, etc.). D'après le GIEC (2007), les variations d'insolation liées aux paramètres de l'orbite de la terre (théorie astronomique des paléoclimats) sont l'un de ces forçages. Les reconstitutions des variations climatiques passées et éventuellement de leurs causes, apportent des données sur l'évolution du climat actuel et futur.

En méditerranée, des passés lointains ont connu des évolutions climatiques importantes avec des températures pouvant être en moyenne de 8 °C inférieures à aujourd'hui (il y a 20000 ans) ou bien supérieures de 1 à 3 °C (il y a 6000 ans). Selon les périodes, les paysages, la faune et la flore, le découpage des côtes (dû à des variations du niveau de la mer de plusieurs dizaines de mètres) ont été très différents. Ces évolutions se sont étalées sur plusieurs centaines, voire des milliers d'années (Yahiaoui, 2015).

2.1. La paléoclimatologie

D'après Kaplan et al (1998), la paléoclimatologie est la science qui étudie les climats passés et leurs variations. Elle tente d'établir les conditions environnementales caractéristiques de chaque période géoclimatique, notamment en termes de paléo température de l'atmosphère, des océans et des continents. Le terme « paléoclimat » désigne un climat ancien par opposition au climat actuel, sans référence à une échelle de temps. L'étude des flores et des faunes fossiles en tant que paléofaune est à l'origine de la paléoclimatologie, et en reste la base principale. L'un des objectifs de la paléoclimatologie est de mieux comprendre les climats passés, leurs impacts et leurs rétroactions avec les écosystèmes et leur évolution. Il s'agit notamment de comprendre les crises écologiques et climatiques, et les

phénomènes d'extinction d'espèces. Les scientifiques utilisent des archives naturelles (fossiles) ou des 'traceurs' tels que les cernes d'arbres, la croissance des coraux, les proportions d'isotopes, afin de reconstituer les conditions climatiques passées. Les changements climatiques récents dans les enregistrements naturels de ces traceurs peuvent ainsi être calibrés en utilisant les mesures globales de pression au niveau de la mer et de la température de surface maritime depuis 140 ans.

2.2. Reconstitution des paléoclimats

Selon Chappell (2002), "la succession des couches de substrats est un excellent indicateur climatique. Il offre par exemple (par le carottage) des indices de transition d'un milieu forestier vers un milieu plus aride ou plus froid. La coupe stratigraphique pourra illustrer cette transition. Au départ, on retrouve les argiles, témoins de la période plus chaude et humide. Ensuite, on retrouvera des alluvions de terrasses fluviales, avec des débris végétaux, viendront ensuite le bois et la tourbe, témoins de la période plus froide, mélangés à des lichens. Cependant, l'érosion d'une couche mise à nue, sous l'action du vent ou de la glace peut biaiser les résultats. Il est aussi possible de dater les éléments végétaux comme le bois et la tourbe pour découvrir à quelle date les conditions ambiantes du climat étaient présent. Il est également possible de comparer deux strates, d'obtenir des datations absolues pour chacune d'elles et de déterminer en combien de temps la transition s'est effectuée".

3. Réchauffement climatique

Le développement des émissions de gaz à effet de serre (GES) augmente les températures moyennes ; selon Jalloh et al (2017), les conséquences incluent des changements dans les précipitations, de plus en plus de phénomènes météorologiques extrêmes et les modifications de saisons. L'accélération du réchauffement climatique, associée à la croissance mondiale de la population et des revenus, menace la sécurité alimentaire partout.

D'après Mangenet (2013), le réchauffement climatique, également appelé réchauffement planétaire, ou réchauffement global, est un phénomène d'augmentation de la température moyenne des océans et de l'atmosphère, mesuré à l'échelle mondiale sur plusieurs décennies, et qui traduit une augmentation de la quantité de chaleur de la surface terrestre.

La situation actuelle et celle attendue dans les prochaines années est caractérisée par la rapidité des taux de changements. Ce facteur rend plus important l'ampleur des impacts anticipés car les évolutions relativement rapides ne permettent pas, une acclimatation et une adaptation progressive des écosystèmes et des sociétés (GIEC, 2007).

A travers la question cruciale de la raréfaction des ressources en eau, leurs effets devraient avoir des conséquences lourdes au cours du 21^{ème} siècle sur les activités humaines et en particulier sur l'agriculture, la pêche, le tourisme, etc. Afin de minimiser autant que possible les dégâts et les pertes économiques, de nombreuses options d'adaptation devront être identifiées et mises en place. Depuis l'ère industrielle, les océans ont joué un rôle essentiel

dans l'atténuation du réchauffement global en captant environ un quart des émissions de carbone anthropique (Le Treut, 2013).

4. Changement climatique

Selon le GIEC (2007), le changement climatique, correspond à une modification durable de la décennie au million d'années, des paramètres statistiques (paramètres moyens, variabilité) du climat global de la Terre ou de ses divers climats régionaux. Ces changements peuvent être dus à des processus intrinsèques à la Terre, à des influences extérieures, ou plus récemment, aux activités humaines. Dans les travaux du GIEC, le terme « changement climatique » fait référence à tout changement dans le temps, qu'il soit dû à la variabilité naturelle ou aux activités humaines. Au contraire, dans la Convention cadre des Nations Unies sur le changement climatique, le terme désigne uniquement les changements dus aux activités humaines. Le GIEC a confirmé dans son 4^{ème} rapport que l'augmentation de concentration des GES dans l'atmosphère résultait de l'activité humaine, notamment de la consommation et la production d'énergie, et qu'en conséquence, les températures devraient sensiblement augmenter au cours des prochaines années.

La Méditerranée, en particulier, devraient être plus touchée par le changement climatique que la plupart des autres régions du monde au cours du 21^{ème} siècle. Les spécialistes du climat anticipent, une augmentation de la température de l'air de 2,2 °C à 5,1 °C pour les pays de l'Europe du Sud et de la région méditerranéenne sur la période 2080-2099 par rapport à la période 1980-1999. La future période sera caractérisée, probablement, par (Giannakopoulos et al, 2005 ; GIEC, 2007) :

- Une baisse sensible de la pluviométrie, comprise entre -4 et -27 % pour les pays de l'Europe du Sud et de la région méditerranéenne, alors que les pays du Nord de l'Europe connaîtront une hausse comprise entre 0 et 16 %.
- Les événements extrêmes de type vagues de chaleur, sécheresses ou inondations pourraient être plus fréquents et violents.
- Une hausse du niveau de la mer qui, selon quelques études, pourrait être de l'ordre de 35 cm d'ici la fin du siècle.
- Une augmentation des périodes de sécheresse se traduit par une fréquence élevée des jours au cours desquels la température dépasserait 30 °C.

Le changement climatique global, avère des difficultés dans les modèles climatiques et les méthodes de descente d'échelles à simuler des distributions de pluies courantes et extrêmes, en développant et en testant de nouvelles approches méthodologiques (Brigode, 2013).

5. Impacts du changement climatique

L'énergie se trouve au cœur de la problématique du changement climatique d'une part, c'est le principal secteur émetteur de GES, et les émissions de CO₂ dans le futur pourraient augmenter bien plus vite que la moyenne mondiale. La croissance incontrôlée des émissions de GES est en train de réchauffer la planète, et pour conséquences, la fonte des glaciers,

l'augmentation des précipitations, la multiplication de phénomènes météorologiques extrêmes, et le décalage des saisons. L'accélération du changement climatique, ajouté à la croissance de la population mondiale, menace partout la sécurité alimentaire (Gerald et al, 2009).

Les risques d'extinction d'espèces et de la biodiversité sont prévus avec une confiance plus élevée au fur et à mesure que le réchauffement se met en place. Avec une augmentation supplémentaire de la température par rapport au niveau des 20 dernières années, on peut dire avec une fiabilité moyenne que 20 à 30 % des espèces animales et végétales identifiées jusque-là sont confrontées à un risque accru d'extinction. Le niveau des impacts négatifs s'accroît avec l'augmentation de la température (Yahiaoui, 2015).

Durant les canicules, la végétation ralentit sa croissance et sa capacité à extraire le carbone de l'atmosphère. Il s'agirait d'un basculement vers un déséquilibre climatique de forte ampleur. La recherche dans le domaine des impacts des changements climatiques sur la santé humaine est encore à ses débuts et de nombreuses investigations sont encore nécessaires (Benssaoud, 2002).

La modification des régimes de précipitations augmentera la pénurie d'eau et le stress de sécheresse associé pour les cultures et modifiera les approvisionnements en eau d'irrigation. Ils réduisent également la prévisibilité de la planification des agriculteurs. De manière indirecte, une modification de la température et des niveaux d'humidité peut entraîner une modification du taux d'absorption des engrais et autres minéraux, qui déterminent le rendement. En bref, l'élévation de la température et la réduction des précipitations réduisent la productivité agricole si les deux dépassent le seuil approprié à la production agricole. Le changement climatique est également susceptible d'affecter le secteur de l'élevage à la fois en affectant la quantité et la qualité des aliments et en affectant la nécessité et la gravité des événements climatiques extrêmes. Il existe une littérature limitée traitant des impacts du changement climatique sur le bétail, mais le secteur de l'élevage peut être particulièrement vulnérable aux effets du changement climatique (Yohannes, 2016).



Photo 1 : Impact de la sécheresse météorologique sur le sol. (Source : CIEAU, 2019)

Les pays pauvres, notamment ceux dépendants de l'agriculture, seront les plus vulnérables au changement climatique. Dans ces pays, les gens sont plus susceptibles d'utiliser la migration comme stratégie de futur adaptation, surtout si ce changement sera associé à la diminution des ressources en eau (Photo 1) (Falco et al, 2019).

Le changement climatique qui provoque des événements météorologiques extrêmes, accélère d'autres phénomènes, telles que la désertification, l'ensablement, les feux de forêts, l'apparition de maladies, le déplacement de la flore et de la faune, etc.

6. Impacts du changement climatique sur l'agriculture

L'agriculture est sensible au changement climatique à bien des égards. D'après Da Silva (2009), les impacts du changement climatique sur le secteur de l'agriculture ont vraiment pris son envol au début des années 1980. Depuis, diverses avenues ont été explorées et modéliser de la façon la plus réaliste ; l'impact du changement climatique sur ce secteur, c'est d'abord une différenciation géographique qui est venue catégoriser les premières approches utilisées. Généralement, les études montrent que, bien que l'agriculture serait affectée par le changement climatique, cela ne mettrait pas en péril l'alimentation mondiale (Adams et al, 1995 ; Darwin et al, 1995 ; Pagney, 1994 ; Rosenzweig et Parry, 1994).

D'autres, qui se sont plutôt concentrés sur une région ou un pays spécifique, ont conclu, dans la majorité des cas, que l'agriculture des pays occidentaux, particulièrement celle des États-Unis et du Canada, ne serait que très légèrement affectée par les changements climatiques (Mendelson et Shaw, 1994 ; Reinsborough, 2003). Ces résultats peuvent être attribués à une résilience structurelle de l'agriculture des pays industrialisés (Adams et al, 1990).

Les principaux impacts économiques de ce changement sur l'agriculture sont (Jalloh et al, 2017) :

- Directs, sur la productivité des cultures et de l'élevage,
- Indirects, sur la disponibilité ou les prix des denrées alimentaires au niveau national et sur les marchés internationaux et,
- Indirects, sur les revenus de la production agricole, tant au niveau des paysans qu'à l'échelle du pays.

Cependant, ces mêmes études ont également présenté une importante hétérogénéité entre les régions d'un même pays. En fait, l'impact réel dans une région spécifique varie selon plusieurs facteurs, dont les conditions climatiques actuelles et futures, mais également en fonction des conditions du sol, de l'utilisation des terres et types de cultures. Les impacts du changement climatique sur l'environnement concerneront particulièrement les éléments suivants (Smith et al, 1992 ; Benjamin et al, 2008) :

- L'eau, via une modification de son cycle du fait de la hausse de l'évaporation et de la diminution des précipitations.
- Les sols, à travers les modifications de leurs qualités et l'accélération des phénomènes de désertification d'ores et déjà existants.

- La biodiversité terrestre et marine (animale et végétale), via un déplacement vers le Nord et en altitude de certaines espèces, l'extinction des espèces moins mobiles ou plus sensibles au climat et l'apparition de nouvelles espèces, à travers une hausse du risque d'incendies et des risques parasitaires.

En plus des éléments cités précédemment, d'autres impacts peuvent être observés dans le secteur agricole, tels que (Roy et Sparks, 2002) :

- Les risques d'invasion par les insectes ravageurs, qui pourraient augmenter et la répartition des espèces pourrait être modifiée au cours des prochaines années, en raison de conditions climatiques plus propices (Photo 2).
- Les mauvaises herbes, qui bénéficieront également de nouvelles conditions favorables provoquées par le changement climatique, favorisant l'expansion de leur aire de développement. De plus, selon certaines études, les mauvaises herbes auraient de meilleures capacités d'adaptation aux modifications du climat que les cultures.



Photo 2 : Invasion de criquets en Afrique de l'Ouest. (Source : Gecit, 2020)

Les changements climatiques, des transformations dans les pratiques agricoles, l'intensification de l'utilisation des terres, ainsi que le déboisement, génèrent actuellement des altérations majeures au niveau du ruissellement de surface, de l'érosion et de la disponibilité des eaux souterraines (Megnounif, 2007).

Selon Mazliak (1995 in Luttge et al, 2002), tout facteur peut devenir agent de stress lorsque son intensité est trop faible ou trop forte. Un stress est défini comme une pression dominante exercée par les paramètres de l'environnement (température, sécheresse, salinité). Le climat exerce une influence notable sur le sol, notamment les alternances des saisons pluvieuses et des saisons sèches, l'eau des pluies a pour effet de lessiver les éléments vers les horizons profonds. Cependant, une période sèche se traduit par une remontée des sels à la surface du sol, formant ainsi des efflorescences blanchâtres suite à une forte évaporation (El Afifi, 1986).

En outre, les stress environnementaux sont qualifiés d'abiotiques par opposition aux stress biotiques provoqués par les organismes vivants (Le Guen et al, 1993). Les stress environnementaux les plus importants, notamment le stress hydrique affecte les conditions de croissance, le développement et le rendement des plantes (Madhava Rao et al, 2006). Cela est un problème sérieux dans les environnements arides et semi-aride, où les précipitations changent d'année en année et où les plantes sont soumises à des périodes plus ou moins longues de déficit hydriques (Boyer, 1982).

Un déficit en eau pendant la période critique des cultures est considéré comme une sécheresse par les agriculteurs, mais si l'hiver précédent et le printemps ont été très humides, il est normal que les réservoirs soient pleins et, en ce qui concerne les gestionnaires des ressources hydriques il n'y a pas de sécheresse (Ben Brahim, 1996 in Yahiaoui, 2015).

Mais, la diminution de la pluviosité enregistrée dans de nombreuses régions du monde implique une adaptation continue des systèmes de production agricoles. Cette diminution engendre la dégradation de l'environnement et la détérioration de la fertilité du sol (Buldgen et al, 1994).

Malheureusement ce problème va s'accroître dans les années à venir, c.-à-d. la pénurie d'eau. Les pertes en termes de ressources en eau à la suite d'une augmentation des températures de 1 °C peuvent s'élever à des colossales somme d'argent pour y remédier. 61 % des ressources mondiales en eau sont utilisées en moyenne pour les cultures (Benoit et Comeau, 2005).

Dans ce contexte, l'adaptation à la rareté croissante de l'eau pourrait viser à favoriser des cultures moins exigeantes en ressources hydriques et le retrait de certaines cultures de l'agriculture algérienne, comme par exemple les céréales qui exigent de grandes ressources hydriques. Les céréales sont le produit de base du modèle de consommation, l'Algérie déjà dépendante de 80 % du commerce international (importation de céréales) et compte bien l'augmenter dans les années à venir sous l'influence de la fluctuation climatique. L'importation de produits intensifs en eau permet d'importer de « l'eau virtuelle », définie comme les volumes nécessaires à la production des biens importés et ainsi incorporés dans les échanges internationaux, pour satisfaire les besoins alimentaires des pays limités par les disponibilités hydriques (Yahiaoui, 2015). Alors que certaines études considèrent la capacité d'adaptation des pays avec la supposition d'envisager une période sèche longue permet aux agriculteurs de varier leurs productions par l'utilisation de nouvelles semences, plantations des cultures en stimulant leur croissance et en réduisant leurs besoins en eau (Mendelson et Shaw, 1994).

De leur part, la température a une action dominante sur la physiologie et le comportement des êtres vivants, que ce soient des animaux, des plantes, des champignons, etc. Les températures élevées réduisent les rendements des cultures, à travers les dysfonctionnements physiologiques irrémédiables ou la mort des tissus, et ont tendance à stimuler la prolifération des mauvaises herbes et des parasites. Par contre, la sensibilité au gel (température de quelques degrés inférieure à 0 °C) des organes en croissance peut provoquer des dégâts importants, voire la mort de tissus et d'organes entiers (Mazoyer et al, 2002 ; Jalloh et al, 2017).

Bien que certaines cultures puissent être produites dans des régions du monde, l'impact global du changement climatique sur l'agriculture devrait être négatif, menaçant ainsi la sécurité alimentaire (Mazoyer et al, 2002 ; Jalloh et al, 2017). L'évolution sera également significative, avec la montée des températures, l'évolution des régimes pluviométriques et l'apparition de ravageurs et de maladies dans de nouvelles circonstances (Hailu et Campbell, 2013).

Les pays du Sud et de l'Est de la Méditerranée apparaissent plus vulnérables au changement climatique. En effet, ils sont d'une part, plus exposés à l'accélération de la désertification et de l'aridité des sols, à l'augmentation de la raréfaction des ressources en eau et d'autre part, ils sont dotés de structures économiques qui dépendent plus fortement des ressources naturelles ainsi que de capacités techniques et financières plus limitées pour mettre en œuvre des options d'adaptation de grande ampleur (Giannakopoulos et al, 2005).

Dans les décennies à venir, les modèles appliqués aux pays du Sud de la Méditerranée montrent, en lien avec le changement climatique, des réductions moyennes de rendements. Par exemple, les rendements des céréalières vont baissés de 5,7 % à 14 % en Algérie. De ce fait, pour s'adapter, les agriculteurs ont commencé à s'orienter vers le développement de l'élevage et des cultures intensifs au détriment des cultures pluviales traditionnelles et de l'élevage extensif, en particulier dans les zones touchées par la sécheresse. Ces zones connaissent une émergence de problèmes hydro-pédologiques, tels que la salinité de l'eau, l'instabilité structurelle du sol et la pauvreté édaphique (Yahiaoui, 2015 ; Rouabhi et al, 2019).

Au terme de ce chapitre, il faut signaler que, malgré l'existence d'une minorité de scientifiques qui optent pour la théorie de variation climatique (c.à.d. l'inexistence d'un changement climatique), néanmoins, la plus part des scientifiques ont lancé l'enregistrement d'un réchauffement planétaire global.

Chapitre II : La palmeraie et son environnement

Au Sahara, le plus grand désert chaud dans le monde, la vie était impossible en dehors des oasis ; ces dernières sont généralement une succession de palmeraies. Cet écosystème particulier est en réalité un agrosystème basé, essentiellement, sur le palmier dattier. Nous présentons dans ce chapitre un aperçu sur le *Phoenix dactylifera* et sur l'environnement où il est cultivé.

1. Désert et Sahara

Les définitions courantes du dictionnaire des déserts font souvent référence à des régions qui ne produisent pas suffisamment de végétation pour soutenir une population humaine. Les définitions littéraires se sont concentrées sur leur nature « inhospitalière », « stérile » ou « sans usage ». D'après Fookeset Mark-Lee (2009), les déserts peuvent également être définis physiquement comme de grandes zones contiguës avec des sols nus et une faible couverture végétale, biologiquement comme une écorégion qui contient des plantes et des animaux adaptés à la survie dans des conditions sèches et climatologiquement allant des régions semi-arides aux régions hyper-arides. Les définitions scientifiques modernes sont basées sur des concepts d'aridité. Une règle pratique est une région à faible pluviométrie où l'évaporation dépasse les précipitations. Les zones arides chaudes couvrent environ un tiers de la surface de la Terre et se distinguent par leur indice d'aridité P/ETP (où P est les précipitations annuelles et ETP est l'évapotranspiration potentielle annuelle moyenne). Selon Fookeset Mark-Lee (2009) et Balasubramanian (2013), il existe quatre types de régions désertiques qui peuvent être classées comme suit :

- i) Les déserts subtropicaux, se situent entre 25° et 30° de latitude ; par exemple : le désert du Sahara, la péninsule arabique, le désert du Kalahari et le grand désert de sable.
- ii) Les déserts de l'Ombre de pluie, se situent au-dessus des chaînes de montagnes qui bloquent le passage de l'air humide. Le côté sous le vent des gammes est normalement aride. Les exemples sont le désert d'Atacama, la Patagonie, la Vallée de la mort, l'Est de Washington et l'Est de l'Oregon.
- iii) Les déserts continentaux, sont des emplacements centralisés de déserts dans les intérieurs continentaux. Il se peut qu'il n'y ait pas de grandes sources d'eau à proximité. Les exemples sont nombreux, y compris le désert de Gobi.
- iv) Les déserts polaires, sont situés autour des régions polaires. L'air froid est incapable de retenir beaucoup d'humidité. Ce type de zones polaires est aride avec très peu de précipitations. Les déserts polaires ne sont pas définis par la température, comme y le cas pour Groenland et l'Antarctique.

Les plantes du désert ne peuvent pas utiliser autant d'eau à la fois et le sol désertique ne peut pas l'absorber en totalité. La plupart de l'eau s'écoule, emportant les particules de sol. La plupart des plantes du désert sont tolérantes à la sécheresse et/ou au sel. Certains stockent de l'eau dans leurs feuilles, racines et tiges. D'autres plantes du désert ont de longues racines

pivotantes qui pénètrent dans la nappe phréatique, ancrent le sol et contrôlent l'érosion. Les stries et les feuilles de certaines plantes peuvent réduire la vitesse des vents porteurs de sable et protéger le sol de l'érosion. Les trois formes de vie des plantes adaptées aux déserts sont : a) les annuelles, qui évitent la sécheresse en ne poussant que lorsqu'il y a suffisamment d'humidité, b) les plantes succulentes, comme les cactus, qui stockent l'eau et survivent, et c) les arbustes du désert -qui ont de nombreuses branches avec des feuilles petites mais épaisses pour stocker l'eau-. De leur part, les animaux des déserts ont développé une structure corporelle et des modes de vie spéciaux qui leur permettent de survivre sous une chaleur extrême (Balasubramanian, 2013).

Le plus grand désert du monde, le Sahara d'Afrique du Nord, est un désert d'alizé. Il couvre tout ou une partie des 10 pays suivants : Egypte, Soudan, Libye, Tchad, Tunisie, Algérie, Maroc, Mali, Mauritanie et Niger ; c'est environ le ¼ du continent africain. Le Sahara est caractérisé par des milliers de dunes de sable, certaines atteignant jusqu'à 180 mètres de hauteur. Certaines zones de ce désert sont également caractérisées par les Hamada rocheux, un type de paysage désertique qui a très peu de sable et se compose principalement de plateaux arides, durs et rocheux. Le désert du Sahara n'a pas toujours été le même que maintenant. Selon Babagana (2016), il y a des millions d'années, des rivières sillonnaient la région, et c'était une région fertile de lacs et d'eau. Actuellement, la pluviométrie moyenne dans cette région désertique est aussi faible que 100 mm par an ou pas du tout pendant de nombreuses années dans certaines régions. Les températures peuvent atteindre 57 °C sous l'ombre ou même plus pendant la saison chaude, tandis que pendant la saison froide, elles peuvent être aussi basses que 10 °C ou même inférieures à 0 °C à certains endroits (haute altitudes) (Walker, 1992 ; Hereher, 2011).

2. Oasis

L'oasis est généralement définie comme un microécosystème autour d'un point d'eau dans une zone désertique (Triplet, 2020)

L'emplacement des oasis a été d'une importance critique pour les routes commerciales et de transport dans les zones désertiques ; les caravanes doivent traverser ces endroits qui fournissent de l'eau et de la nourriture. Balasubramanian (2013) explique que les facteurs naturels qui créent les déserts n'ont pas beaucoup changé depuis des milliers d'années.

Les oasis, souvent comparées à « des îles dans le désert », sont intégrées à l'économie de marché. Sur le plan économique, elles sont des nœuds commerciaux, des lieux de transit (migrations, nomadisme), des carrefours de réseaux infrastructurels et structurels, s'insérant dans une organisation hiérarchisée. Elles ont de ce fait joué un rôle stratégique de structuration des zones arides et semi-arides (Marshall et al, 2014).

L'oasis est un agrosystème. Mais un agrosystème dont les fondements ne sont pas agricoles. Car, à l'examen des caractères physiques existant au Sahara -pluviométrie inférieure à 100 mm, forte évapotranspiration, contrastes thermiques, quasi absence de sol- on peut dire que de tout l'œkoumène les conditions sont ici parmi les plus hostiles à une agriculture (Côte, 2002).

Au Sahara algérien, l'oasis est une succession de palmeraies, où chaque palmeraie est composée d'un ensemble de jardins phœnicicoles. En général, le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est le pivot de chaque oasis. Cette dernière est composée trois strates : i) la strate arborescente, représentée par le palmier dattier, ii) la strate arborée, composée d'arbres comme le figuier, grenadier, citronnier, oranger, vigne, mûrier, abricotier, acacias, tamarix, etc. et d'arbuste, comme le rosier, iii) la strate herbacée, constituée par les cultures maraîchères, fourragères, céréalières, condimentaires, etc. Nous pouvons également ajouter deux autres milieux biologiques différents : i) les drains et les étendues d'eau correspondants, c'est le milieu aquatique, et ii) le milieu souterrain qui comprend une faune et une flore particulière (Faci, 2016).

Le couvert végétal d'une oasis permet à la fois de faire face à l'hostilité du désert par la création d'un méso-climat conforme et d'y satisfaire les besoins alimentaires et énergétiques nécessaires pour une adaptation à la vie oasienne. Ce même couvert permet également l'apport des sous-produits indispensables à la vie quotidienne de l'oasien, à savoir : bois, poutres, corderie, vinaigre, farines, miel, jus, aliments de bétail, etc. En plus, l'oasis a présenté un lieu de résidence secondaire pour les ksouriens (habitants des ksour avoisinants les palmeraies), où il passait une grande partie de leurs temps, elle est encore une source de revenu et de produits artisanaux (Idder, 2002 ; Faci, 2016).

L'espace saharien s'est caractérisé, ces trente dernières années, par une nouvelle forme d'occupation des sols (périmètres céréaliers et maraichers) qui constituent les nouvelles oasis. Selon Bouammar et al (2011), le palmier dattier est progressivement planté sur les nouveaux périmètres, à l'inverse de la traditionnelle, où cet arbre constitue la culture principale sur laquelle sont greffées des cultures intercalaires. Ces nouvelles exploitations oasiennes sont des unités de production dont l'activité principale est de produire des productions végétales et/ou animales destinées à l'alimentation humaine ou de bétail. En effet, la nouvelle exploitation agricole oasienne évolue dans un environnement capitaliste, où le marché est un élément déterminant et où elle constitue un capital de production et donc une source de revenu.

Le type d'oasis est déterminé selon la nature de l'exploitation de la ressource en eau, de la nature du sol et de sa topographie. On distingue cinq types d'oasis en Algérie (Boudjellal, 2009 ; Moulai et Yahaya, 2019) :

- 1- Les oasis situés dans les dépressions de l'Erg : l'eau d'irrigation est extraite de la nappe phréatique par puits et forages (exemple : l'oasis de Ouargla).
- 2- Les oasis de dunes : situés dans les grandes formations dunaires du Sahara, l'eau d'irrigation est puisée par capillarité et/ou les palmiers sont irrigués à partir de puits traditionnels. Le plus typique est celui du "Ghout", qui consiste à planter les palmiers entre les espaces dunaires sans changer la topographie du terrain, comme y a le cas pour les oasis d'El Oued.
- 3- Les oasis fluviales (appelées aussi oasis d'Oued) : situés en bordure d'Oueds et approvisionnés en eau des Oueds, d'où l'exigence d'un grand savoir-faire en matière d'aménagement hydraulique pour gérer les cours d'eau et les crues (cas des oasis du Ghoufi, du M'Zab et de Béchar).

4- Les oasis de dépression : sont alimenté en eau par les foggaras (exemple des oasis du Touat, Gourrara et Tidikelt).

5- Oasis de montagnes : ce situent à la limite de l'espace saharien et montagneux, dans des vallées encaissées, l'eau est généralement permanente (comme au Sud de Batna).

Les oasis algériennes sont localisées dans 17 wilayas allant du Nord du Sahara jusqu'à l'extrême Sud : Adrar, Batna (E'Mdoukal), Béchar, Biskra, Djelfa, El-Bayadh, El-Oued, Ghardaïa, Illizi, Khenchela, Laghouat, M'sila (Bousaada), Naâma, Ouargla, Tamanrasset, Tindouf et Tébessa (Fig. 1). Ces oasis occupent une superficie qui dépasse les 170 milles ha. Les wilayas possédant le plus grand nombre de pieds de palmier dattier sont dans l'ordre : Biskra, Adrar, El-Oued, Ouargla, Béchar, Ghardaïa et Tamanrasset, pour un taux de 93,27 % des palmiers au niveau national. Ces régions assurent naturellement la grande majorité de la production de dattes du pays (Blama, 2014 ; Moulai et Yahaya, 2019).

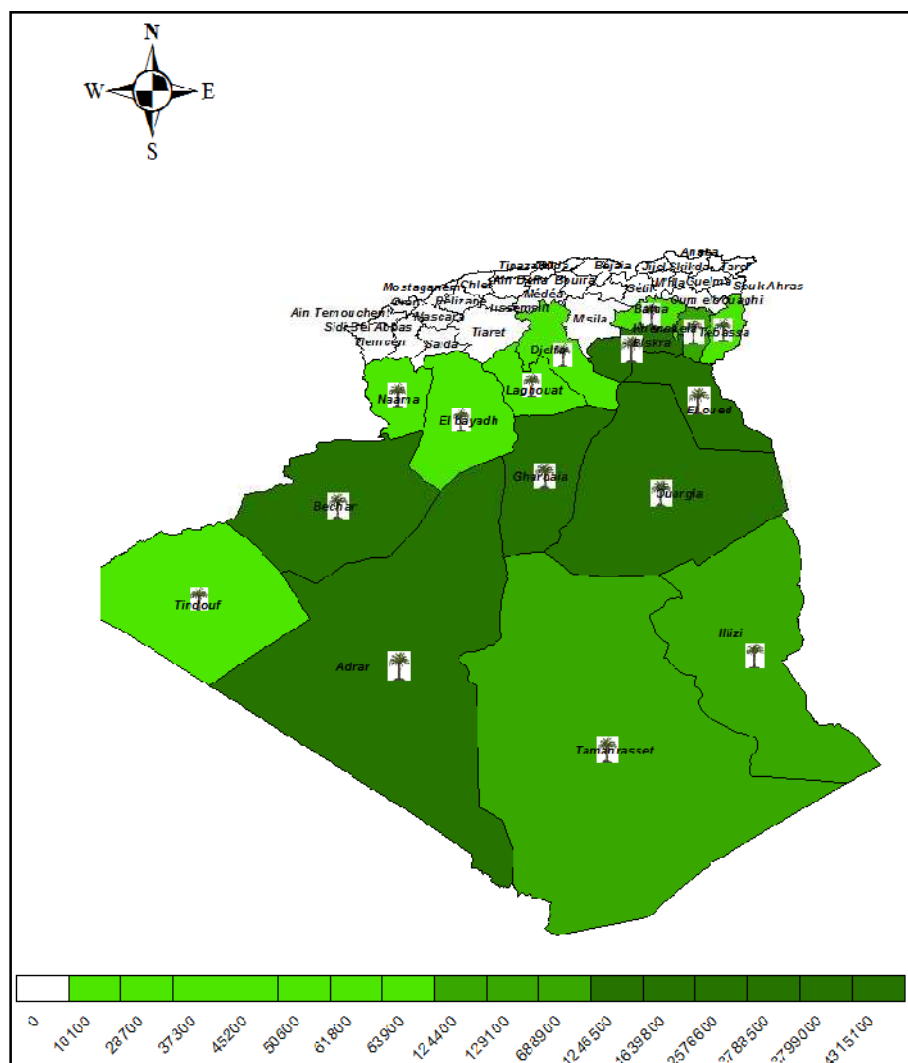


Figure 1 : Répartition spatiale du nombre de palmier dattier en Algérie. (Source : Rouai et Zouzou, 2017)

De leur part, les palmeraies peuvent être classées selon plusieurs critères, tels que la période de cultivation (anciennes ou nouvelles), la biodiversité variétale (monovariétales ou polyvariétales), l'écartement entre les palmiers (respecté ou non), l'irrigation (irrigué ou non), la méthode d'irrigation (irrigué ou Ghout), l'entretien (entretenu ou non), etc. (Faci, 2016 ; Faci, 2019).

3. Phœniciculture

La culture du palmier dattier est ancienne historiquement au Sahara, elle demeure la plus importante aujourd'hui. Le palmier présente en effet un double avantage : écologiquement, il assure un cadre qui réduit l'évapotranspiration, permet un microclimat, et crée « l'effet oasis ». Économiquement, il assure un produit commercialisable et exportable, qui trouve sans trop de peine un marché à l'étranger. La phœniciculture est une culture stratégique dans les régions sahariennes. Elle présente une source de revenus pour les oasiens, elle fixe la population locale, comme elle adoucit le microclimat des zones périphériques aux palmeraies (Côte, 2002).

Selon le site internet FAOSTAT (2020), en 2019, la superficie totale mondiale occupée par le palmier dattier productif était 1381434 ha, avec une production de 9075446 tonnes (Fig. 2), ce qui nous donne un rendement de 6569,6 kg/ha. Durant la même année, l'Algérie a produit 1136025 tonnes de dattes, avec un rendement supérieur à la moyenne mondiale (6679,3 kg/ha) (Fig. 3). La superficie des terres agricoles occupées par le palmier dattier en Algérie a connu une tendance à la hausse à partir du début des années 2000, où elle a atteint les 170082 ha en 2019 (Fig. 4), signifiant de la deuxième place sur l'échelle mondiale (derrière l'Iraq). Elle occupe la troisième place du point de vu production, après l'Egypte et l'Arabie Saoudite.

La production du palmier dattier, en Algérie, va connaître un accroissement durant les années prochaines, avec la rentrée en production des jeunes pieds cultivés ou qui seront plantés dans les nouvelles terres mises en valeur.

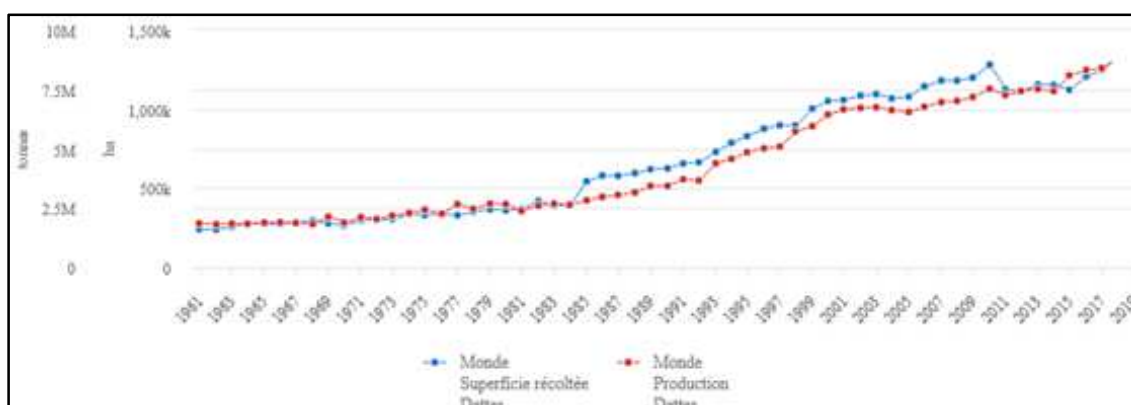


Figure 2 : Evolution de la superficie occupée par le palmier dattier productif et de la production des dattes dans le monde, entre 1961-2019. (Source : FAOSTAT, 2020)

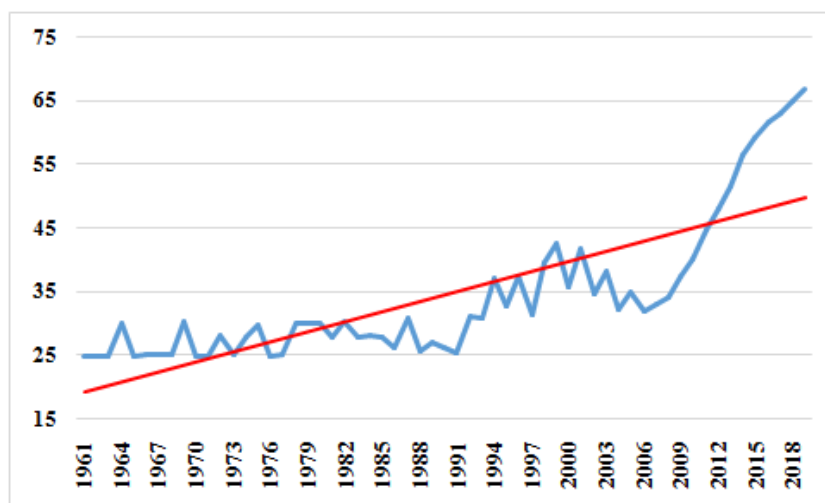


Figure 3 : Evolution des rendements de dattes en Algérie (en tonne/ha), entre 1961-2019 (en rouge la courbe de tendance). (Source : FAOSTAT, 2020)

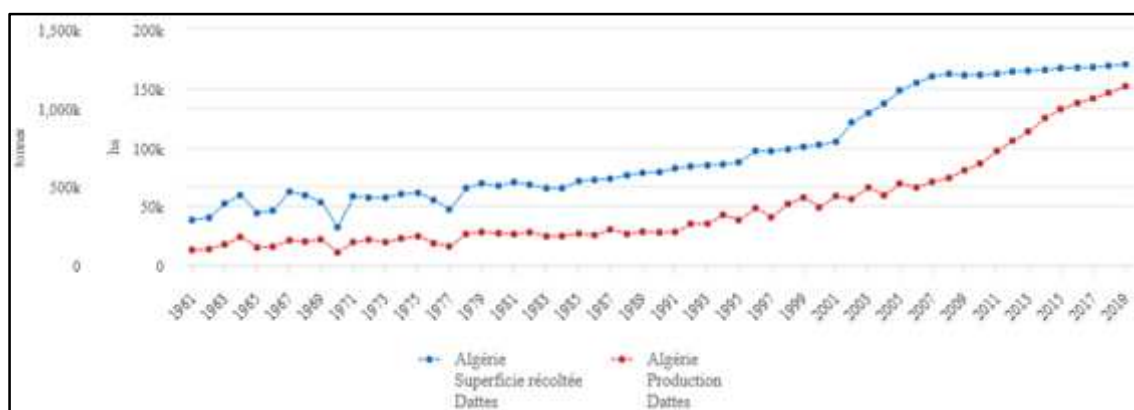


Figure 4 : Evolution de la superficie occupée par le palmier dattier productif et de la production des dattes en Algérie, entre 1961-2019. (Source : FAOSTAT, 2020)

Une bonne production dattière nécessite, généralement, des températures élevées, une absence presque totale des précipitations, de faibles taux d'humidité, mais également la présence de l'eau d'irrigation durant des périodes opportunes du cycle végétatif de cette plante. Les précipitations abondantes et intenses provoquent la chute des inflorescences et la pourriture des spathes au stade de floraison, la perte de pollen au moment de la pollinisation et/ou la génération de fruits parthenocarpiques. Durant le stade de la maturité des fruits, elles engendrent la chute et la pourriture des dattes. Alors qu'une période sèche accompagnée de températures élevées incite le dessèchement des dattes et/ou une maturité précoce, chose qui diminuera les caractéristiques organoleptiques de cette variété (Toutain, 1967 ; Amrani, 2018 ; Faci et al, 2020).

4. Palmier dattier

Linné, en 1734, a donné au palmier dattier le nom de *Phoenix dactylifera* et a fait la description morphologique complète de cette espèce. Par ailleurs, plusieurs auteurs (Munier,

1973 ; Zaid et De Wet, 2002) ont décrit la signification de *Phoenix dactylifera* ; dans l'étymologie, le mot "Phoenix" dérive de nom de Dattier chez les Grecs, qui considéraient comme l'arbre des phéniciens et "dactylifera" vient de latin "dactylus" dérivant du grec dactylis, signifiant doigt, en raison de la forme du fruit.

4.1. Classification et caractéristiques

Phoenix dactylifera L. appartient à la famille des Arecaceae (syn. Palmaceae) et le genre Phoenix contient 12 espèces. Dactylifera est l'espèce la plus importante en termes de valeur commerciale et d'utilisation alimentaire humaine. Étant une plante dioïque, les fleurs mâles et femelles naissent sur deux palmiers différents, et de nombreux cultivars mâles et femelles ont été identifiés et cultivés avec succès (Zaid et Arias-Jimenez, 2002).

Le palmier dattier est une monocotylédone arborescente à tronc monopodique (arbre non ramifié dont la graine n'a qu'un cotylédon). Il est monocotylédone dioïque, a une fécondation obligatoirement croisée et souvent les individus d'une même population ne fleurissent pas tous en même temps. Le *Phoenix dactylifera*, métis non fixé à grande hétérozygotie, à la propriété de former des rejets (Djebbar) généralement à la base du stipe et chaque rejet planté donne un palmier dattier ayant alors les mêmes caractères que le pied-mère, ce que l'on ne peut pas obtenir par semis (Toutain, 1967).

4.2. Origine et aires de culture

Le palmier dattier est une plante xérophile ; reliquat de la flore de l'ère tertiaire. La datte est l'une des plus anciennes cultures fruitières connues. Le plus ancien enregistrement d'Irak (Mésopotamie) montre que la culture de la date a probablement été établie dès 3000 ans avant notre ère. En raison de la longue histoire de la culture des dattes et de la grande distribution et échange de dattes, l'origine exacte de la date est inconnue, mais provient probablement de l'ancienne Mésopotamie (Sud de l'Irak) ou de l'Ouest de l'Inde. De son centre d'origine, la culture des dattes s'est répandue dans la péninsule arabique, en Afrique du Nord et au Moyen-Orient. La date de la culture s'était apparemment répandue en Egypte au milieu du deuxième millénaire avant notre ère. La diffusion de la culture des dattes a plus tard accompagné l'expansion de l'Islam et a atteint le Sud de l'Espagne et le Pakistan. Les espagnols ont été les premiers à introduire des dattiers en Amérique, au 18^e siècle (Nixon, 1951 ; Toutain, 1967 ; Wrigley, 1995 ; Zohary et Hopf, 2000).

Il ne vit que dans les déserts chauds et s'étale dans l'hémisphère Nord entre les parallèles nord 9° 18' (Cameroun) à 39° 44' (Espagne), alors que les latitudes optimales pour la culture du palmier dattier dans des pays tels que le Maroc, l'Algérie, la Tunisie, la Libye, l'Égypte, l'Irak et l'Iran se situent entre 24 ° N et 34 ° N (Toutain, 1967 ; Zaid, 2010).

4.3. Exigences

La floraison de palmier dattier ne débute qu'avec une température assez élevée, elle diffère suivant les régions : 17 °C à Elche en Espagne, 18 °C à Laghouat, 20 °C à Oued Righ et 22 °C

dans le Sahel (dans le Sud du Sahara). Le froid au moment de la fécondation provoque des accidents divers tels que la mort des organes floraux, la maturation insuffisante des pollens, l'avortement des fleurs. La pluie a aussi une action néfaste et provoque la coulure, l'entraînement des pollens ; elle favorise également le développement des maladies cryptogamiques. La durée d'évolution des fruits est de 100 à 200 jours selon les variétés et les conditions du milieu. De la floraison à la maturation, la somme des températures doit atteindre 5000 °C pour les variétés précoces et 6000 °C pour les tardives. Un coup de froid peut saisir les dattes, mais à cette époque de l'année cet ennui est rare. Par contre, les accidents les plus fréquents sont dû à la pluie qui détermine sur les fruits des éclatements, des noircissements, le « nez noir » et des moisissures (Toutain, 1967 ; Zohary et Hopf, 2000 ; Zaid, 2010).

Le palmier dattier s'accommode des grands écarts de température des climats du type saharien. Il résiste bien au froid en dehors de la période allant de la floraison à la maturation. A -5 °C, ses palmes jaunissent quelque peu ; à -9 °C, certaines variétés ont les folioles gelées, mais la récolte suivante ne semble pas être trop éprouvée. Mais les basses températures retardent les éclatements, les coups de chaleur anormaux provoquent une sortie hâtive des régimes. Ce qui peut avoir de fâcheuses répercussions sur la bonne fécondation des palmiers dattiers femelles. Par contre, il tolère durant l'été les maximas les plus élevés (56 °C) pendant plusieurs jours sans paraître en souffrir lorsqu'il est normalement alimenté en eau (irrigation ou nappe phréatique). Son activité végétative atteint son maximum d'intensité vers 32 °C ; dans l'ensemble, les températures permettant la végétation sont comprises entre 10 et 40 °C. Il résiste bien aux vents ; toutefois, ces derniers peuvent déterminer des accidents divers. S'ils sont légers au printemps ils favorisent la pollinisation mais par contre, ils entraînent les pollens lorsqu'ils sont violents et provoquent aussi des chutes de fruits, des bris de hampes, occasionnant des traumatismes sur fruits de la nouaison à la maturation (Toutain, 1967 ; Zaid, 2010).

Le palmier dattier appartenant à une espèce très largement hétérozygote et dioïque, sa multiplication sexuée produit des plantes très hétérogènes. Les populations issues de semis sont composées pour moitié de plantes mâles et pour moitié de plantes femelles. Cette voie de multiplication par semis bien qu'elle fut à la base de l'existence des palmeraies et des variétés, dut être abandonnée il y a fort longtemps pour céder la place à la multiplication par voie végétative par des rejets (Djebbars). Néanmoins, la reproduction par graine est longue, elle ne permet en effet d'obtenir des sujets productifs qu'au bout d'une dizaine d'années. Cependant, ce mode de propagation permet d'obtenir parfois des phénotypes intéressants et reste une voie importante aussi bien pour les sélectionneurs que pour les études biologiques et physiologiques (Toutain, 1967 ; Amrani, 2018).

Chaque palme, même à l'état d'ébauche axile un bourgeon. Ce sont les bourgeons axillaires, se trouvant à la base du stipe qui se développent pour donner des rejets, essentiellement au cours des premières décades de la vie du palmier dattier. La multiplication du palmier dattier par rejets s'avère un mode de propagation très limité en raison du nombre restreint de rejets formés (Barret, 1973 ; Munier, 1973).

Il est vrai que le palmier dattier ne passe pas par une phase de dormance, il a été démontré qu'en gros il passe par une phase de ralentissement de la croissance, surtout en mois de décembre, janvier, jusqu'à la fin de février. La meilleure époque de plantation varie donc en fonction des régions, toutefois il est conseillé de planter les rejets au printemps (mars-avril) et en été (juillet) (Ben Abdallah, 1990).

L'irrigation rationnelle des palmeraies a pour but d'assurer pendant toute l'année et surtout pendant l'été, saison durant laquelle les exigences sont les plus grandes, les quantités d'eau nécessaires à une évolution normale des arbres et à l'élaboration d'une bonne récolte. Beaucoup de controverses existent et les spécialistes sont assez imprécis sur le volume et la fréquence des arrosages ; d'après Sabri et al (2017), les apports en eau d'irrigation sont variables entre 30 et 76 m³/pied/an. Quoiqu'il en soit, la culture du palmier dattier exige d'importantes quantités d'eau ; selon Simonneau (1961), dans son aire de culture, la demande climatique du *Phoenix dactylifera* est forte et les sols, le plus souvent sableux, sont filtrants. Ainsi, l'influence défavorable des facteurs climatiques et édaphiques font qu'au Sahara la prospérité du palmier dattier est principalement en fonction des volumes d'eau disponibles pour l'arroser. En fait, l'eau d'irrigation sert à humidifier l'horizon du sol fouillé par les racines nourricières des arbres.

Le palmier peut évoluer normalement entre 20 et 24 % d'humidité relative du sol, d'après des recherches réalisées à El Arfiane en Algérie. D'autre part, l'eau sert à dessaler le terrain sur de grandes surfaces avant et après la plantation (Simonneau, 1961 ; Ben Abdallah, 1990).

4.4. Cycle phénologique du palmier dattier

4.4.1. Définition du cycle phénologique

La phénologie est l'étude de la chronologie des phénomènes biologiques saisonniers chez les végétaux (feuillaison, floraison, etc.) et chez les animaux (migration, hibernation, etc.), en relation avec le climat (Mazoyer et al, 2002). Pour Amrani (2018) « c'est l'étude de l'apparition d'événements annuels périodiques dans le monde vivant, déterminée par les variations saisonnières du climat ».

Le cycle annuel des plantes est rythmé tout à la fois par l'alternance des saisons, sèche et humide ; il correspond donc à la suite d'états phénologique par lesquels passe la plante avant de revenir à un état initial. Ainsi, en zone tempérée, c'est l'état de repos hivernal qui signale la fin du cycle phénologique des plantes, lequel est largement défini sur la dimension végétative du développement. On qualifiera ainsi d'annuels les cycles phénologiques des espèces tempérées (Fournier, 1991 ; Mangenet, 2013).

Parmi les phénomènes périodiques, on note : pour les céréales, en tenant compte de la date de semis, les dates de levée, de tallage, de montaison, d'épiaison, de floraison et de moisson, et parfois les dates d'autres stades plus précis ; pour certaines plantes et pour les arbres, les dates de bourgeonnement, de feuillaison, de floraison, de maturité des fruits et de défeuillaison. Il existe pour certaines plantes des stades repères beaucoup plus nombreux, désignés par les lettres de l'alphabet accompagnées ou non d'indices chiffrés. L'utilisation des stades repères permet aux arboriculteurs et aux techniciens de s'entendre sur des termes

précis, en particulier lors de la détermination des dates des traitements phytosanitaires (Mazoyer et al, 2002).

La synchronisation du développement végétatif annuel avec le cycle annuel de température du site de croissance est essentielle pour la survie des plantes (Sarvas, 1972, 1974 ; Sakai et Larcher, 1987). Il est généralement admis que le repos végétatif se produit lorsque les bourgeons sont exposés à des températures basses (-5 à +10 °C) pendant plusieurs semaines (Perry, 1971 ; Flint, 1974 ; Fuchigami et al, 1982 ; Cannell et Smith, 1983). Le taux de développement augmente avec l'augmentation de la température de l'air (Landsberg, 1977) ; cette dernière est le facteur principal influant sur le taux de développement du palmier dattier et ses effets diffèrent selon la zone, l'année et le cultivar (Lakhdari et al, 2016).

La température a retenu l'attention des chercheurs car certaines zones de culture sont marginales et la connaissance précise des besoins en chaleur est importante ; puisque le palmier dattier puisse pousser dans une large zone géographique, des conditions spécifiques sont requises pour la floraison et le bon développement des fruits. La chaleur estivale prolongée favorise la maturation des fruits, tandis que la pluie et l'humidité élevée provoquent des craquelures, des noircissements, des fermentations et le développement de moisissures (Ben Abdallah, 1990 ; Burt, 2008).

Le temps phénologique peut résulter de la sélection pour attirer les pollinisateurs et/ou pour éviter les prédateurs de graines ou les herbivores ; de tels grumeaux se forment à des pics séparés par de longues périodes avec peu ou pas d'activité. Cependant, dans de tels cas, l'influence des facteurs biotiques est arbitraire par rapport aux facteurs abiotiques. Ainsi, lorsque les processus biotiques favorisent la convergence phénologique, la force de ces processus peut déterminer la netteté du pic, alors que les facteurs climatiques peuvent déterminer son timing. Il est donc essentiel de considérer les influences du climat sur la phénologie (Van Schaik et al, 1993).

4.4.2. Stades phénologiques du palmier dattier

En général, la datte passe par cinq stades (Fig. 5) (ONFAA, 2016a ; Meliani, 2017) :

- Stade de fruit noué (Loulou), il commence après une à deux semaines de la fécondation, la couleur du carpelle devient verte, de forme en poire ; l'ovaire accroît ses dimensions de manière lente, jusqu'à ce qu'il atteigne la grosseur d'un pois. Il dure entre 4 à 5 semaines.
- Stade de la datte verte (Khalal), la durée de ce stade est aux environs de sept semaines, elle est dépendante aux conditions climatiques.
- Stade de la datte tournante (Bser), 3 à 5 semaines, durant ce stade la datte prend sa forme sphérique.
- Stade de début de maturation (Routab), 2 à 4 semaines, où la datte commence à se mûrir.
- Stade de la datte mûrée (Tmar), le fruit devient concentré en sucre.

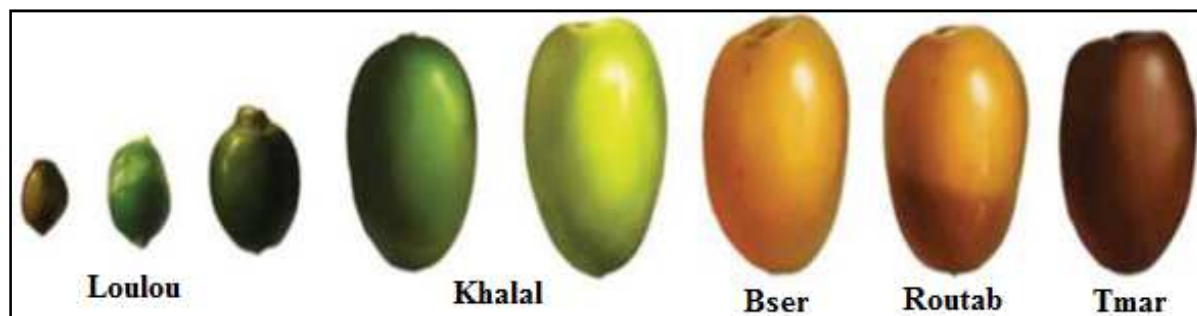


Figure 5 : Stades d'évolution de la datte. (Source : Al-Mssallem et al, 2019)

En général, les dattiers fleurissent lorsque la température de l'ombre augmente à plus de 18 °C et forment des fruits lorsqu'elle dépasse les 25 °C. Les fleurs (et plus tard les fruits sur les arbres femelles) sont portées sur un pédoncule plat ou effilé, ou rachis, communément appelé « tige des fruits » dans les arbres femelles. L'inflorescence est constituée de nombreuses Rachillas non ramifiées, appelées « brins », disposées en spirales sur le rachis. Les fleurs femelles et mâles ont généralement trois sépales et trois pétales. Les fleurs mâles sont généralement blanches cireuses et les fleurs femelles sont généralement vert jaunâtre. Juste avant la floraison, l'inflorescence apparaît dans l'axe des feuilles, poussant à travers les gaines, et les gaines se fissent longitudinalement à l'anthèse. Seule la partie du Rachilla qui porte des fleurs est exposée. Pendant la floraison, les agriculteurs coupent les spathes mâles pour obtenir des épillets de fleurs frais pour la pollinisation (Reuveni, 1986 ; Zaid et De Wet, 2002 ; Bouguedoura et al, 2015).

Le pollen doit être obtenu au moment où les premières spathes femelles éclatent. Pour cela, l'inflorescence mâle doit donc être formée en même temps. Il faudra donc que les Dokkar soient dans les mêmes conditions culturales que les palmiers dattiers femelles. Une bonne précaution est de planter les mâles du côté où la plantation est exposée au plus grand ensoleillement ce qui a pour effet de les faire fleurir plus tôt que les palmiers femelles. Pour chaque variété (précoce ou tardive) il faut sélectionner des Dokkar (précoces ou tardifs) dont la floraison s'effectue au même moment ou légèrement avant. La période de fécondation se situe au printemps et varie dans le temps avec la précocité des variétés et le climat de la saison. Dès l'éclatement de la spathe, les inflorescences femelles sont normalement fécondables et ce pendant un temps déterminé qui varie avec les variétés, compte tenu des conditions climatiques (Toutain, 1967 ; Bouguedoura et al, 2015).

La fructification commence dès le stade nouaison et se termine au stade maturation des dattes. Cinquante à 60 jours après l'anthèse, la tige des fruits allonge et repousse la partie de l'inflorescence qui ne porte pas de fleurs sur une longueur de 60 à 120 cm. Le fruit se développe normalement après la fécondation de l'un des trois carpelles au sein de chaque fleur de pistil. La durée de la fructification varie de 120 à 200 jours, selon les régions et les cultivars (Djerbi, 1994 ; Reuveni, 1986).

Le fruit se développe normalement après la fécondation de l'un des trois carpelles au sein de chaque fleur de pistil. La chute naturelle des fruits se produit entre 25 et 35 jours après le craquage des spathes, et certains cultivars ont une seconde chute des fruits environ 100 jours après la fissuration des spatules (parfois appelée « chute de juin ») (Reuveni, 1986).

En général, le palmier dattier est adapté aux rudes conditions environnementales du Sahara, surtout les extrêmes climatiques telles que les températures élevées, durant la période chaudes, et les sécheresses étalées sur plusieurs années successives.

Chapitre III : Présentation de la région de l'étude

Biskra est un pôle important dans le secteur économique algérien. Elle génère des revenus importants, à travers le tourisme, l'industrie, le commerce et l'agriculture. La wilaya est le premier producteur de dattes en Algérie, quantitativement et qualitativement. Dans cette région, la phœniciculture n'a pas cessé de s'évoluer durant les deux dernières décennies, sa superficie est passée de 23700 ha au début de ce millénaire (en 2000) à 43617 ha en 2018. Le patrimoine phœnicicole de la wilaya est riche, plus de 4,4 millions de palmier, dont plus de 4,2 millions en production. De sa part, la production s'est grimpée, passant de 934240 qx à 4,6 million de quintaux, sur la même période. Alors que le rendement moyen en dattes dépasse les 105 qx/ha et avoisine les 108 kg/palmier (DSA-Biskra, 2018 ; DPSB-Biskra, 2019).

Selon Lalouani et Alkama (2013), la palmeraie aux Ziban à : i) Un rôle écologique, qui permet de limiter l'avancée du désert et même d'améliorer les revenus des habitants. ii) Elle permet la création d'un microclimat, permettant le bon développement des cultures sous-jacentes. iii) Sous ces auvents de 20 à 30 m de hauteur, la lumière crée une atmosphère vivable, agréable et lumineuse. iv) Elle peut réduire la vitesse du vent et la prolifération des cigales. v) La haie de palmiers protège les cultures, résiste aux dégâts des tempêtes, aux cyclones et aux incendies, et lutte contre l'érosion. vi) Elle améliore les réserves d'eau dans les sols secs et, vii) En tant que stabilisateur et régulateur des cultures, le palmier empêche les glissements de terrain et minimise la salinité des terres.

Les limites géographiques des Ziban, localisée actuellement dans la wilaya de Biskra, s'étendait auparavant de l'actuelle wilaya de M'sila jusqu'à Touggourt. Ce chapitre porte sur les principales caractéristiques naturelles et socioéconomiques de Biskra.

1. Situation géographique et administrative

La région des Ziban s'étend au pied Sud de la chaîne de montagnes de l'Atlas saharien. Ce site lui vaut la connotation "La porte du désert" et a permis à la région de jouer à travers les différentes périodes de son existence un rôle de rencontre, d'échange et de transition entre un Nord bien équipé et un Sud déshérité (Allouai et Alkama, 2013).

La ville de Biskra, capitale des Ziban, se situe au Sud-Est de l'Algérie à environ 425 km d'Alger (Fig. 6). La superficie de la wilaya de Biskra est de 21509,8 km² ; elle est limitée par : Batna au Nord, M'sila au Nord-Ouest, Khanchela au Nord-Est, Djelfa au Sud-Ouest, El Oued au Sud-Est et Ouargla au Sud (Fig. 7) (DPSB-Biskra, 2019).

Située entre 4° 15' et 6° 45' Est de longitude et entre 33° 30' et 35° 15' Nord de latitude, Biskra est composé de 33 communes réparties sur 12 daïras ; les douze daïras sont : Biskra, Djemorah, El Kantara, El Outaya, Foughala, M'chouneche, Ouled Djellal, Ourlal, Sidi Khaled, Sidi Okba, Tolga et Zeribet El Oued (ANAT, 2003 ; Benziouche, 2016 ; DSA-Biskra, 2018).

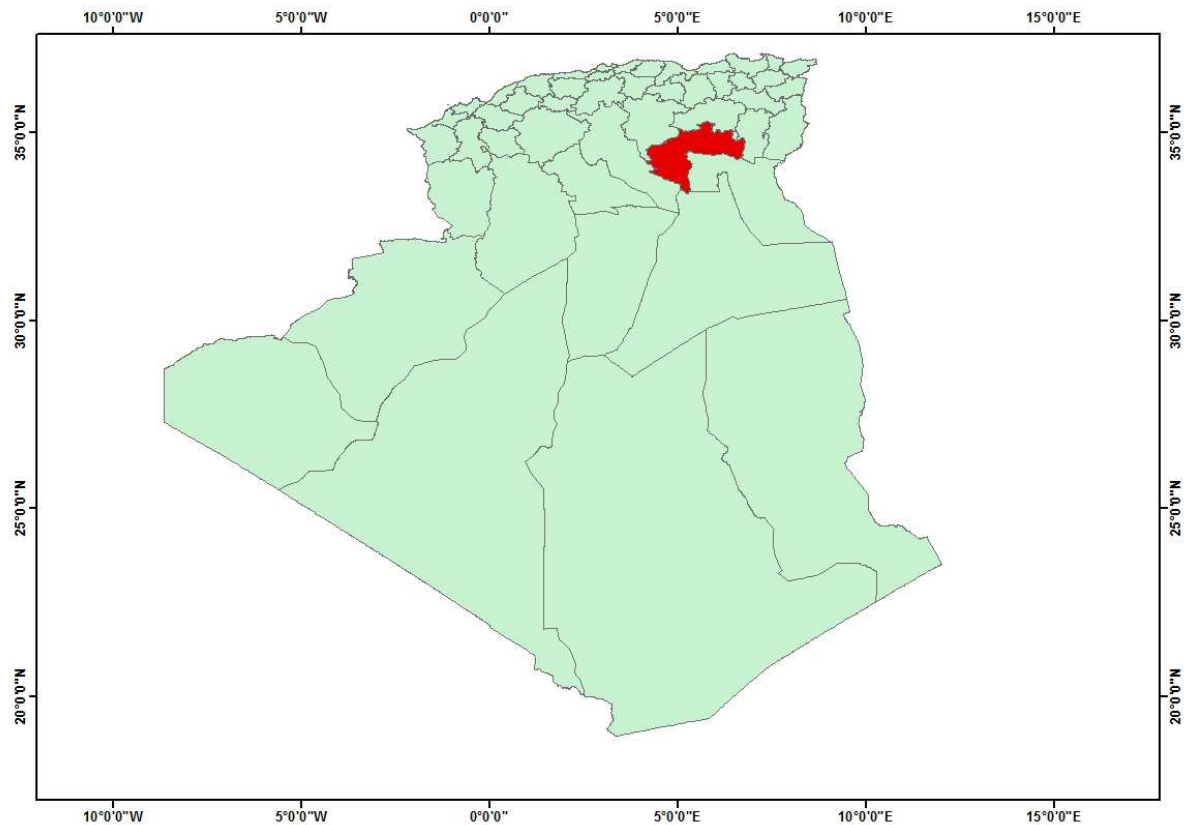


Figure 6 : Localisation de la wilaya de Biskra (en rouge). (Source : CRSTRA, 2018)

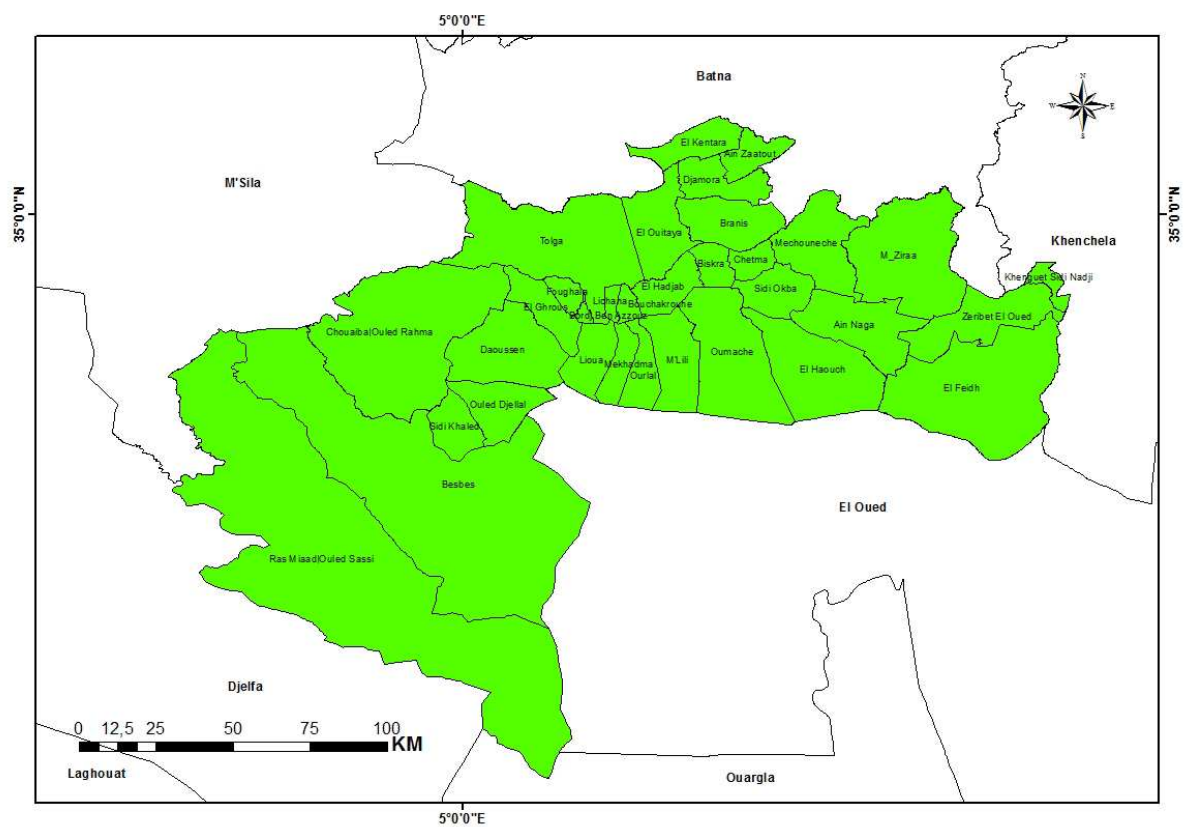


Figure 7 : Limites administratives de la wilaya de Biskra. (Source : CRSTRA, 2018)

2. Historique des Ziban

Ziban est le pluriel de Zab, ce dernier est le nom d'une vieille ville au Sud de M'sila, qui probablement engloba tous les Zibanis de Biskra, en passant de Touggourt jusqu'au Hodna. Ceci correspond également aux agglomérations de Médina Zabuniodum et Limen Zabensis au Nord du chott El Hodna. Selon Ibn Khaldoun, le mot Zab est expliqué par Oasis. Les premières populations de la région étaient d'origine Zénatienne, du nom de la grande tribu berbère Zénata (Zekiri, 2016 ; DPSB-Biskra, 2019).

La région de Biskra a été divisée en quatre Zab, chacun a ses propres palmeraies, son patrimoine culturel et architectural, et chacun est indépendant politiquement (Allouai et Alkama, 2013 ; Zekiri, 2016) :

- 1- Zab Dhahraoui, comprenait : Bouchagroune, Lichana, Zaatcha, Farfar, Tolga, Foughala et El Amiri.
- 2- Zab El Guebli, comprenait : Lioua, Sehira, Mekhadma, Ben Thious, Ourlal, Bigou et M'lil.
- 3- Zab Echergui, se composait de : Zrara, Ouled Farès, Bourafa, Ouled Zaouia, Ouled Amor Bouhadjira, Liana, El Ksar, Badès, Zeribet Hamed et Zeribet El Oued.
- 4- Zab Biskra, comprenait l'actuel chef-lieu de wilaya et ses alentours.

Chaque Zab est également autonome économiquement, par exemple Zab Biskra produisait des dattes et c'était un marché ouvert pour changer toutes sortes de marchandises, Zab El Guebli et Zab Dhahraoui sont spécialisés dans la production de dattes et Zab Echergui produisait des céréales et des plantes médicinales (Allouai et Alkama, 2013).

Administrativement, la région est actuellement appelée 'Biskra', c'est le nom du chef-lieu de la wilaya. Ce terme est probablement dérivé de romain 'Vescera', synonyme de 'site commercial', parce que la région était un carrefour entre le Sud, le Nord, l'Est et l'Ouest. De leur part, d'autres historiens voyaient que le premier nom de l'actuelle ville était 'Pisciname', désignant la 'source d'eau', situé actuellement à Hammam Salhine (DPSB-Biskra, 2019).

3. Caractéristiques naturelles

3.1. Caractéristiques abiotiques

Le relief de la région des Ziban est divisé en quatre grands groupes : i) la chaîne de montagnes et les hauts plateaux, ii) les grands plateaux, iii) les plaines et les steppes et, iv) les dépressions. La majorité des montagnes, qui représentent environ 12 % de la superficie, se situent au Nord de la wilaya. Elles sont très pauvres en couvert végétal naturel. Les plateaux, qui couvrent environ 56 % de la superficie, s'étendaient jusqu'à la région Sud-Ouest de la wilaya, composant le plateau de Ouled Djellal qui regroupe les daïras de Ouled Djellal et de Sidi Khaled. Alors que les plaines et les steppes se situent entre Tolga à l'Ouest jusqu'à Zeribet El Oued à l'Est, passant par El Outaya et Sidi Okba, elles occupent 22 % du territoire de Biskra. Nous trouvons les dépressions au Sud-Est de la wilaya (10 % de la superficie), généralement représentés par les chotts ; le plus bas est Chott Melhrir (-33 mètres au-dessous du niveau de la mer) (DSA-Biskra, 2018 ; DPSB-Biskra, 2019).

Ce tout est irrigué par un ensemble d'oueds qui constituent le principal cueilleur des eaux de l'Atlas saharien ; le plus important est oued Biskra qui représente le principal cours d'eau dans la région, il résulte de la jonction de deux affluents : oued El Hai et oued El Abiod. En revanche oued El Arab et oued El Guetan qui se croisent à Zeribet El Oued pour produire oued Zriba, aussi il y a oued Djedi, qui constitue le collecteur général des eaux de l'Atlas saharien et traverse la région. Cette dernière possède un réseau hydrographique dense, mais le plus souvent temporaire (Allouai et Alkama, 2013 ; Menasra et Bouzaher Lalouani, 2019).

Il existe deux principaux types des eaux souterraines dans la région (DPSB-Biskra, 2019) :

- i) l'aquifère de surface (la nappe phréatique), c'est la couche d'eau exploitée par les puits, dont la profondeur ne dépasse pas 40 mètres ; ce mode d'exploitation existe à Tolga, Lichana, etc.
- ii) l'aquifère profond (la nappe albiennne), la profondeur moyenne de cette couche est d'environ 1500 mètres et elle est actuellement utilisée à Doucen, Ouled Djellal et Sidi Khaled.

Nous pouvons distinguer deux autres nappes d'une profondeur moyenne :

- iii) la nappe des sables, au Zab Echergui, qui exige des techniques spéciales de forage et de maintenance, parce que ses eaux sont mélangées au sable et à l'argile et,
- iv) la nappe des calcaires, à Tolga, caractérisée par la salinité de ses eaux.

La quantité d'eaux exploitées au niveau de la wilaya est de 1,216 milliards de m³, dont 22 millions de m³ sont des eaux de surface, soit 1,81 %. La quantité d'eau souterraine exploitée se répartie comme suit :

- 928 millions de m³ destinés à l'agriculture, soit 85 %.
- 146 millions de m³ destinés à la consommation potable, soit 14 %.
- 13 millions de m³ alloués à l'industrie (1 %).

Il existe deux (02) barrages sur le territoire de Biskra, spécifiquement destinés à l'irrigation agricole, à savoir :

- Barrage de Foug El Gherza, d'une capacité initiale de stockage de 47 millions de m³, ce barrage couvre les besoins de 130000 palmiers.
- Barrage de Menbaâ El Ghozlane, d'une capacité initiale de stockage de 55,5 millions de m³, qui assure l'irrigation de 950 hectares du périmètre agricole de Lemkimnet (commune d'El Outaya) (DPSB-Biskra, 2019).

La superficie totale des forêts est estimée à 99740,15 hectares, ce qui représente seulement 4,63 % de la superficie de la wilaya. La majorité de ces terres sont situées au Nord, en particulier dans la partie Nord-Ouest (DPSB-Biskra, 2019).

3.2. Caractéristiques biotiques

Selon Nacer et Tiar (2012), les conditions édaphiques ont favorisé la colonisation de certaines espèces végétales suivant leurs valeurs écologiques et leurs besoins physiologiques. Les principaux groupements végétaux, à Biskra, sont :

- Les psammophytes, nous citons entre autres : *Atractylis flava*, *Limoniastrum guyonianum* et *Cerum vulgare*.
- Les gypsophiles, par exemple : *Herniaria mauritanicum* et *Halocnemum strobilaceum*.
- Les halophytes, on peut citer : *Suaeda mollis*, *Atriplex halimus*, *Anabasis articulata* et *Salsola tetrandra*.
- Les aquatiques, telle que : *Phragmites communis*, *Ampelodesma mauritanicum* et *Frankenia thymifolia*.
- Les calcifuges, comme *Zygophyllum guyonianum*.

La faune de la région de Biskra est diversifiée, on y trouve les insectes (exemple : le coléoptère scarabée sacré), les amphibiens (comme : les grenouilles), les reptiles (vipères à corne, lézards, etc.), les oiseaux (dont la fauvette à tête noire), les mammifères (dromadaires, gazelles, petites gerboises, renards, sangliers, lièvres, hérissons, chauves-souris, etc.), les myriapodes et les crustacés (les puces d'eau et les crabes de cours d'eau).

4. Caractéristiques climatiques

Le rôle des facteurs météorologique est primordial dans un pays tel que l'Algérie, soumise aux influences tour à tour méditerranéennes et sahariennes. Le Nord du pays, qui est un territoire soumis à l'influence conjuguée de la mer, du relief et de l'altitude, présente un climat de type méditerranéen. Il est caractérisé par des hivers doux et humide et des étés chauds et secs. Les températures moyennes hivernales varient entre 8 °C et 15 °C. Elles grimpent à 25 °C au mois de mai pour atteindre une moyenne de 28 °C à 30 °C en juillet et août. Les températures sont généralement associées à une longue période de sécheresse estivale, variant de 3 à 4 mois sur le littoral et de 5 à 6 mois au niveau des Hautes Plaines et supérieure à 6 mois au niveau de l'Atlas Saharien. Durant cette période, le vent chaud et sec du Sud et parfois le siroco dessèchent la végétation et les récoltes (Seltzer, 1946 ; Benssaoud, 2002 ; Tabet, 2008 ; Yahiaoui, 2015).

La répartition annuelle des pluies dans le temps est très irrégulière, dont 70 % des précipitations annuelles ont lieu entre les mois de septembre et février. On assiste à des printemps fréquemment déficitaires en précipitations, mettant en péril la production, même si les quantités de pluies reçues annuellement couvraient les besoins de la plantation. Le Tell, au Nord du pays, est la région la plus humide d'Algérie. Elle est caractérisée par des précipitations annuelles qui varient entre 400 et 1000 mm d'eau. Les précipitations annuelles enregistrées dans les Hauts Plateaux et dans l'Atlas saharien ne dépassent pas la quantité 200 à 400 mm de pluie. Alors que la hauteur des pluies annuelles est souvent inférieure à 130 mm dans l'ensemble du Sahara algérien. Cette région est caractérisée par un climat aride ; au Nord du Sahara, la quantité de pluie indique 100 mm de moyenne annuelle et au Sud, elle est de 20 mm (Mekliche, 1976 ; Yahiaoui, 2015).

Le climat des Ziban est semi-aride à aride. En raison des phénomènes de désertification, l'été est long, chaud et sec, alors que l'hiver est court, froid et également sec. La région est connue par les très fortes températures en été (48,8 °C) et la faible pluviométrie, avec une

moyenne de 139,8 mm/an. Les pluies tombent d'une façon irrégulière et peuvent être torrentueuses, jusqu'à 21 mm en 24 heures. De ce fait, la phase sèche est étendue, elle s'étale quelquefois sur toute l'année (Lalouani et Alkama, 2013 ; Benziouche, 2016 ; DPSB-Biskra, 2019)

5. L'agriculture à Biskra

Selon les chiffres de la Direction de la programmation et du suivi budgétaire de la wilaya de Biskra (DPSB-Biskra, 2019), environ 41 % de la population humaine de Biskra est active. La moitié de la main d'œuvre, au niveau de la wilaya, travaille dans le secteur de l'agriculture (Fig. 8) ; l'équivalent de 191233 personnes, dont 17686 sont des femmes (9,25 %).

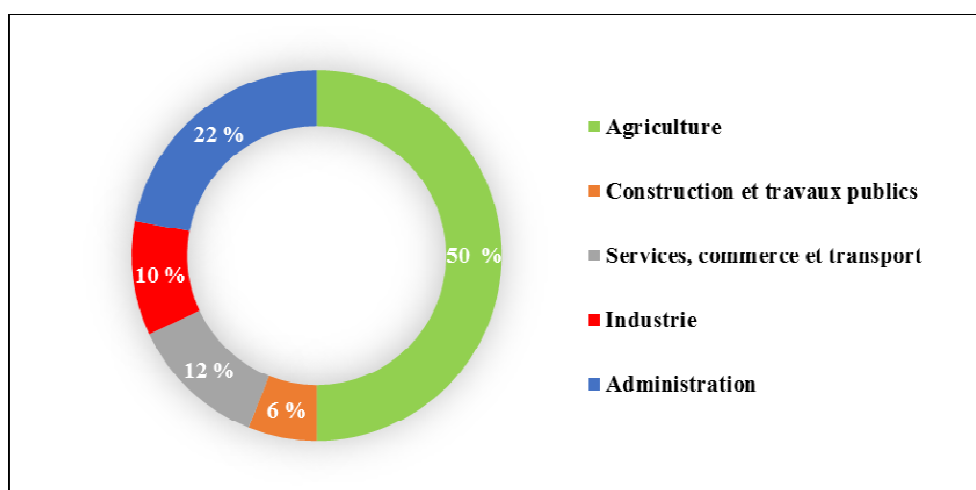


Figure 8 : Distribution de la main d'œuvre active par secteur d'activités dans la wilaya de Biskra. (Source : DPSB-Biskra, 2019)

Avec une superficie agricole totale (SAT) de 1652751 ha (74,84 % de la superficie totale de la wilaya), dont 185473 ha (8,62 %) représente la superficie agricole utile (SAU) ; Biskra est pratiquement une wilaya agricole de premier plan avec des milliers d'hectares dédiés aux cultures maraîchères, fruitières et surtout à la phœniciculture (Tableau 1). Les superficies agricoles irriguées représentent 62,25 % la SAU, environ 115455 ha (DSA-Biskra, 2018 ; DPSB-Biskra, 2019).

Tableau 1 : Répartition de la production végétale selon la superficie et la production dans la wilaya de Biskra (campagne 2017/2018).

	Superficie (ha)	Production (qx)
Céréales	27334	996090
Aliments du bétail	1470	102555
Maraîchères	21548	10206025
Arboriculture fruitière	51882	4913067
Viticulture	258	20180

(Source : DPSB-Biskra, 2019)

6. La phœniciculture à Biskra

L'Algérie, possède un patrimoine phœnicicole qui dépasse les 20 millions de palmiers dattiers et une production d'environ un million de tonnes par an, produite par 952 cultivars répartie sur plusieurs régions du Sud du pays, dont les 3/4 du terroir phœnicicole se localisent au Nord-Est du Sahara algérien. Néanmoins, le rendement par palmier reste faible en raison de plusieurs contraintes, notamment celles liées au changement climatique (Tamra, 2001 in Bakour, 2003 ; Bouguedoura et al, 2015 ; Benziouche et Chehat, 2019 ; APS, 2021b).

Le secteur phœnicicole a connu une importante croissance durant les dernières années. Le nombre des palmiers productifs a grimpé de 5,8 millions en 1985, à plus de 15,5 millions en 2015 et dépassant les 16 millions en 2020. De même pour la production des dattes, qu'a passé de 1,65 millions de quintaux en 1974 à 1,98 millions de qx en 1985, arrivant en 2015 à 9,90 millions de qx (Messar, 1993 ; ONFAA, 2016a ; APS, 2020).

Bien que le patrimoine phœnicicole de l'Algérie soit reparti sur 17 wilayas du pays, il est concentré principalement dans les palmeraies du Sud-Est et du Sud-Centre ; répartir à travers 09 wilayas sahariennes : Biskra, El-Oued, Ouargla, Ghardaïa, Adrar, Béchar, Tamanrasset, Illizi et Tindouf. Le palmier dattier se trouve également dans d'autres wilayas situées dans des zones de transition entre la steppe et le Sahara que l'on considère par rapport aux palmeraies sahariennes, de « marginales » (Buelguedj, 2007 ; Bouguedoura et al, 2015).

D'après Bouammar (2010), le patrimoine phœnicicole de la région se situe essentiellement dans les plaines et on peut distinguer principalement deux types d'exploitations phœnicicoles :

1- Les exploitations phœnicicoles anciennes, caractérisées par :

- une forte densité de plantation,
- une disposition non alignée des palmiers,
- un vieillissement des palmiers,
- une diversité variétale plus importante,
- des cultures associées en faible importance,
- une stagnation,
- une présence de cultures associées (arbres fruitiers, céréales, légumes, etc.), destinées essentiellement à l'autoconsommation.

Parmi ce type d'exploitations, on retrouve les anciennes palmeraies coloniales, dont le type d'organisation s'apparente beaucoup plus aux palmeraies nouvelles en matière de densité et d'alignement de la plantation et de la variété dominante. La superficie est souvent importante.

2- Les exploitations phœnicicoles nouvelles :

- les palmiers sont alignés permettant un travail mécanique,
- l'espacement entre les palmiers est régulier,
- la densité est moins importante et la variété dominante est Deglet Nour.

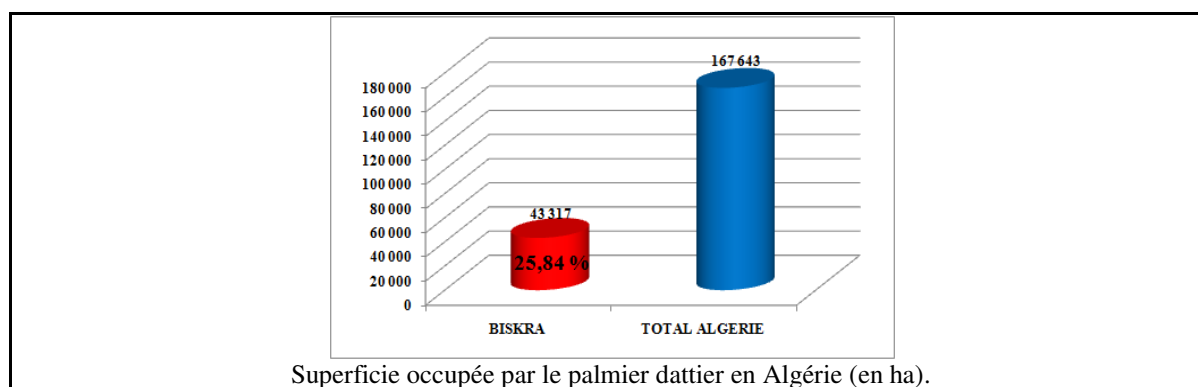
C'est le cas des petites et moyennes exploitations de mise en valeur, caractérisées par des superficies égales ou supérieures à 2 ha, une densité de plantation normale à légèrement

élevée (140 à 180 palmiers/ha), à forte majorité de Deglet Nour, l'âge est supérieur à 25 ans avec peu d'équipements.

La région de Biskra compte onze variétés très connues : La Deglet Nour, Ghars, Mech Degla, Litima, Degla Beidha, Sfraya, Thouri, Ghazi, El Houloua, Oum Kettichi, Tant Bouch't. A celles-ci s'ajoutent deux variétés introduites : Zoggar Moggar et Garn Ghezal (Zekiri, 2016). Sur le plan qualitatif et variétal, en 2017, 61 % des palmiers de la wilaya sont monopolisés par la variété Deglet Nour ; suivie pas les dattes sèches et analogue avec 26 % et enfin le Ghars et analogue, environ 13 % (Benzouche, 2017 ; Benzouche et Chehat, 2019).

La Deglet Nour, caractérisée par sa tendreté et son aspect doré de la pulpe, est la variété la plus dominante dans cette région, du point de vu nombre du palmier (plus de 2,7 millions, dont 2,6 millions en production), production (plus 2,9 millions de quintaux) et rendement (114 kg/arbre). Les dattes de Deglet Nour sont commercialisables dans tous les marchés internationaux, surtout les marchés européens. Elles sont pratiquement le principal produit agricole exporté à partir de l'Algérie (DSA-Biskra, 2018 ; DPSB-Biskra, 2019 ; Fedala et al, 2020).

Selon les données du Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche (MADRP, 2018), Biskra occupe la première place en Algérie du point de vu superficie occupée par le palmier dattier (25,84 %), nombre de palmiers en rapport (25,94 %), nombre de palmiers en rapport de Deglet Nour (37,38 %), production totale des dattes (41,38 %) et la production de la Deglet Nour (49,38 %) (Fig. 9). Le rendement du palmier dattier (toutes variétés confondues) est le plus élevé sur le niveau national, avec une moyenne de 108 kg/arbre, alors que la moyenne nationale est 67,7 kg/arbre. Egalement pour la Deglet Nour, où la moyenne à Biskra est 114,1 kg/palmier ; alors que la moyenne nationale est de 86,3 kg/palmier (MADRP, 2018 ; DPSB-Biskra, 2019).



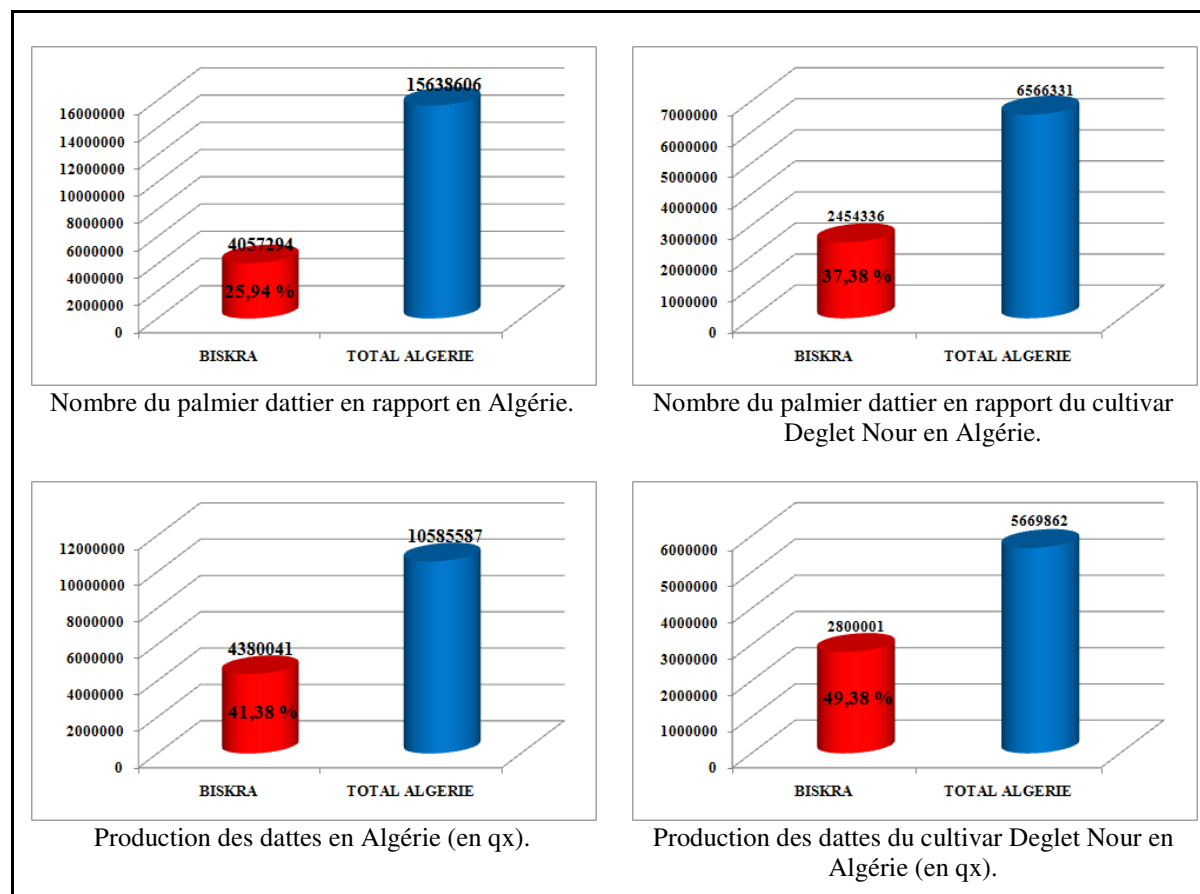


Figure 9 : Importance de Deglet Nour par rapport aux autres cultivars du dattier en Algérie. (Source : MADRP, 2018)

A Biskra, Deglet Nour est la variété dominante ; elle représente 62,25 % de l'effectif total du palmier dattier, 61,32 % des palmiers en production et 64,77 % de la production en dattes (Fig. 10, Fig. 11 et Fig. 12) (DPSB-Biskra, 2019).

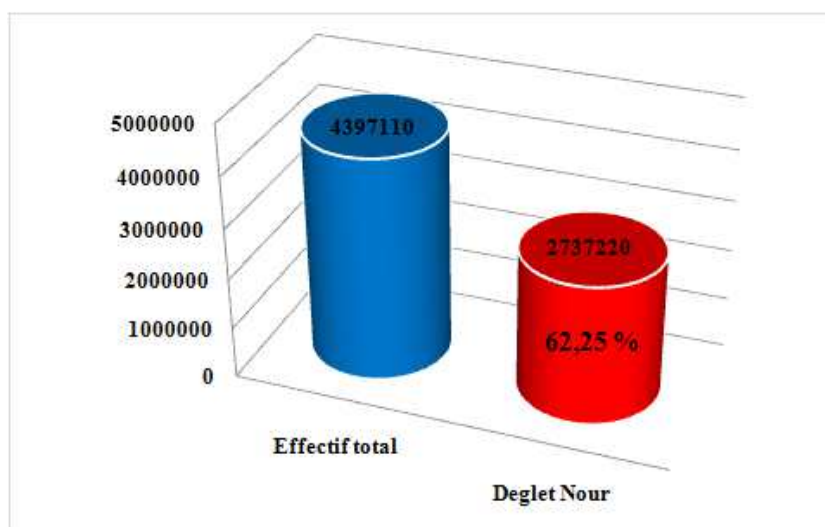


Figure 10 : Nombre de palmiers dattiers à Biskra (en palmier). (Source : DPSB-Biskra, 2019)

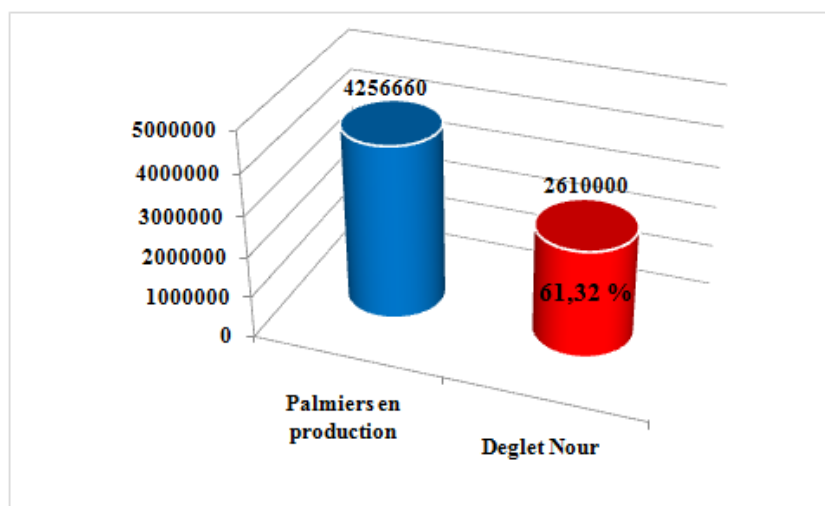


Figure 11 : Nombre de palmiers dattiers productifs à Biskra (en palmier). (Source : DPSB-Biskra, 2019)

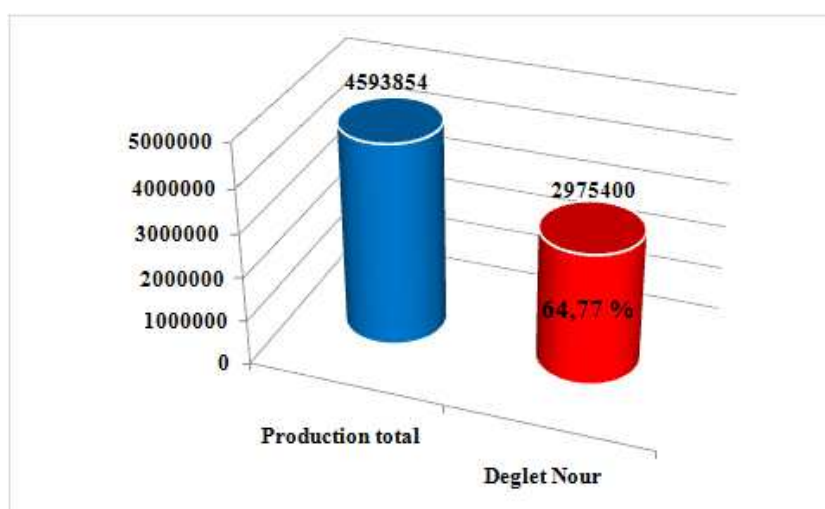


Figure 12 : Production dattière à Biskra (en qx). (Source : DPSB-Biskra, 2019)

Les facteurs limitants de la culture du palmier dattier sont une température élevée, une absence presque totale de pluies et un degré hygrométrique faible (Toutain, 1967). Une bonne production de dattes, quantitativement et qualitativement, ne peut être obtenue que si le dattier bénéficie d'une somme de températures bien déterminée. Les besoins thermiques des différentes variétés, au cours de la fructification, varient en fonction des catégories de dattes (Munier, 1973 ; Toutain, 1979). En général, les variétés sèches et tardives ont des besoins qui dépassent 3500 °C, les variétés demi-sèches et saisonnières présentent des besoins thermiques qui varient entre 2500 °C et 3500 °C, alors que les besoins des variétés molles oscillent entre 2000 °C et 2500 °C (Nixon et Carpenter, 1978 ; Toutain, 1979 ; Babahani et Eddoud, 2012).

Le fruit du cultivar Deglet Nour arrive au stade de maturation en mois d'octobre (maturation tardive), il a besoin de 2000 à 2500 °C pour atteindre sa maturité complète. La durée de réceptivité des inflorescences femelles de Deglet Nour est de 12 jours, alors que la

période de fécondation s'étale du mois de mars jusqu'au mois de mai (Tableau 2) (Toutain, 1967 ; ONFAA, 2016a ; Amrani, 2018).

Tableau 2 : Cycle végétatif annuel de la Deglet Nour.

Stade et période	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Repos végétatif												
Floraison-pollinisation-nouaison												
Début de grossissement des fruits												
Grossissement												
Véraison												
Début maturité												
Maturité-récolte												

(Source : ONFAA, 2016a)

6.1. Evolution du nombre de palmiers dattier à Biskra

Au bout de 29 ans (1990-2018), le patrimoine phœnicicole a connu une tendance à la hausse de 118,70 % ; passant de 2010487 palmiers en 1990 à 4397110 en 2018 (Fig. 13). Pareillement, le nombre de palmiers en rapport a grimpé de 199,76 %, alors que le nombre été 1420029 en 1990, arrivant à 4256660 en 2018.

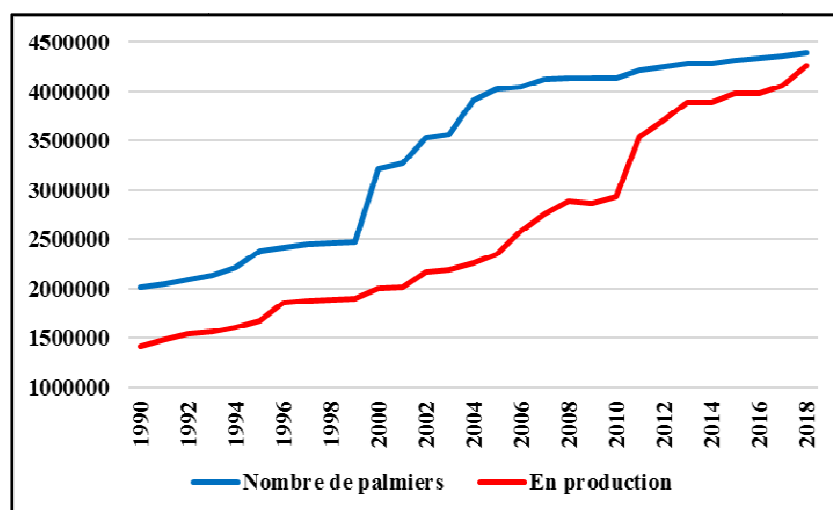


Figure 13 : Evolution du nombre de palmiers dattier à Biskra. (Source : DPSB-Biskra, 2019)

Cette évolution, sans cessée d'accroître, est due aux moyens offerts par l'état algérien, à travers le programme de l'Accession à la Propriété Foncière Agricole (APFA) et le Plan National de Développement Agricole (PNDA) (Absi, 2013). Néanmoins, cette évolution était faible et irrégulière durant la première décennie (1990-2000) et parfois, elle a connu des régressions suite aux maladies qui touchent les palmiers (Benzouche et Chehat, 2010).

6.2. Evolution du nombre de palmiers Deglet Nour à Biskra

L'accroissement du nombre de palmiers Deglet Nour à Biskra, durant la période 2001-2018 été de 112,32 %, alors que l'évolution des pieds en production été de 156,40 % ; passant de 1289193 à 2737220 pour le nombre total et de 1018063 à 2610000 palmiers productifs (Fig. 14).

Cet accroissement à été réalisé sous l'impulsion du PNDA, par le biais du Fond National de Régulation du Développement Agricole (FNRDA), qu'est un soutien étatique octroyé aux agriculteurs ; lancé en l'an 2000, pour la plantation de nouvelles palmeraies et la réhabilitation des anciennes palmeraies, en plus des actions concourant à leur réussite (forages, puits, drainage, bassin d'accumulation, systèmes économiseurs des eaux d'irrigation, etc.) (Gounni, 2012).

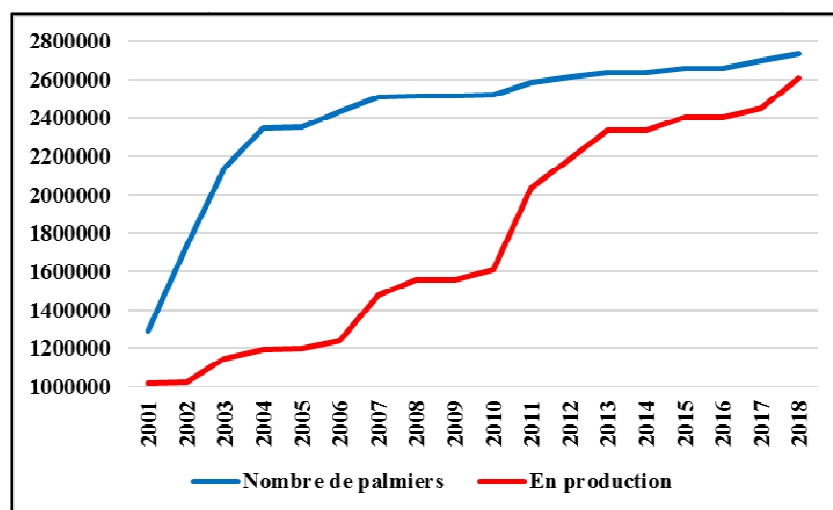


Figure 14 : Evolution du nombre de palmiers Deglet Nour à Biskra. (Source : DPSB-Biskra, 2019)

6.3. Evolution de la production de dattes à Biskra

La production de dattes à Biskra a augmenté de 284,02 %, entre 2001 et 2018 ; passant de 1196264 qx en 2001 à 4593854 qx en 2018. Cette croissance a été maintenue pour la variété Deglet Nour, par un taux de 298,14 %, 747321 qx en 2001 et 2975400 qx en 2018 (Fig. 15).

En 2018, la variété Deglet Nour représente 64,77 % de la production totale de la wilaya de Biskra. Benziouche et Chehat (2010) pensent que les causes de cette importante production sont, entre autres, la maîtrise de la conduite culturale, les conditions agroclimatiques favorables et les efforts déployés pour l'aménagement des palmeraies.

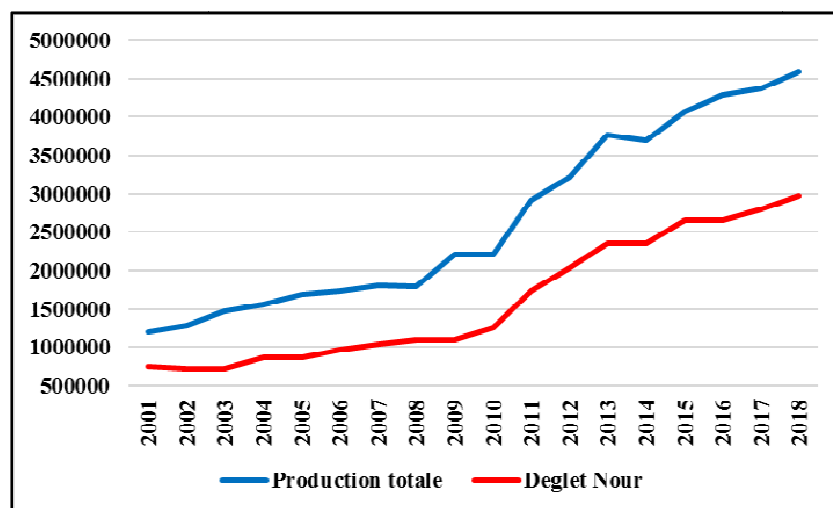


Figure 15 : Evolution de la production de dattes à Biskra (en qx). (Source : DPSB-Biskra, 2019)

6.4. Evolution des rendements de dattes à Biskra

Le rendement moyen de la production dattière (toutes variétés confondues) à Biskra, a passé de 42,95 kg/palmier en 1991 à 107,92 kg en 2018. A partir de l'an 2015 et pour la première fois, la production moyenne a dépassée le seuil de 100 kg par palmier (102,45 kg) ; depuis, le rendement par pied est en perpétuelle augmentation. Par contre, le rapport moyen de la Deglet Nour a grimpé de 73,40 kg/pied en 2001 à 114 kg, alors qu'il franchi la barre des 100 kg en 2013 (100,88 kg) ; depuis 2017, la moyenne par palmier avoisine les 114 kg chaque année (Fig. 16).

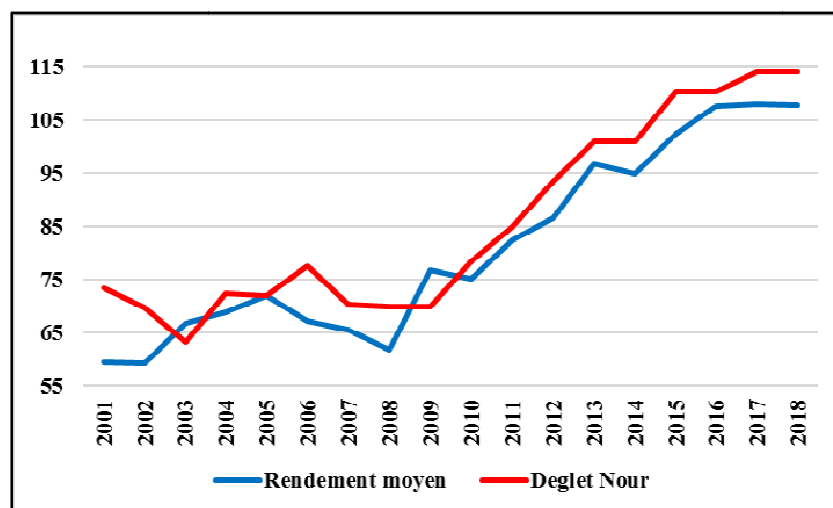


Figure 16 : Evolution des rendements de dattes à Biskra (en kg/palmier). (Source : DPSB-Biskra, 2019)

Selon Benziouche et Chehat (2010), Deglet Nour est adaptée aux conditions climatiques de cette région. En plus de la plantation dans sa région géographique appropriée, la haute valeur marchande de cette variété, au niveau national et international, et les subventions étatiques ont

motivé les phœniciculteurs à appliqué l'itinéraire technique adéquat. Toutefois, ils ce sont, de plus en plus, recouru à l'installation des réseaux d'irrigation localisé et à l'utilisation des engrais minéraux.

Biskra est une zone géographique transitoire entre le Nord et le Sud de l'Algérie. Elle est caractérisée par ces richesses naturelles, touristiques, industrielles et particulièrement agricoles ; c'est une zone potentiellement phœnicicole, connue mondialement par la fameuse Deglet Nour.

Deuxième partie



Matériel et méthodes

Pour atteindre les objectifs visés par cette étude, nous avons adopté une méthodologie qui nous permettra : i) d'analyser les données climatiques disponibles de Biskra, ii) de suivre le cycle phénologique et de calculer les besoins thermiques de Deglet Nour, au niveau de cinq palmeraies dans la région des Ziban et, iii) de ressortir les corrélations existantes entre l'évolution du climat et le palmier dattier.

Première section : Partie expérimentale

Dans cette première section, nous allons présenter le matériel utilisé pour la réalisation de la présente contribution, les caractéristiques des zones du suivi et les méthodes de sélection et du calcul de données.

1. Deglet Nour

Le matériel végétal observé par cette étude est le cultivar 'Deglet Nour', considéré comme une variété à maturation tardive (prenant plus de temps pour mûrir) dans des pays tels que l'Australie ; la classification basée sur la maturité des fruits est relative aux régions de plantation du palmier. Les dattes de 'Deglet Nour' sont classées parmi les dattes les plus sucrées du monde. Le fruit est semi-transparent, à travers lequel passe la lumière, d'où l'appellation Nour (lumière en langue française) (Van Schaik et al, 1993 ; Djoudi, 2013 ; Fedala et al, 2020). Cette variété représente plus de 45 % de l'effectif en production du palmier dattier en Algérie, dont plus de 27 % des pieds sont cultivés sur le territoire de la wilaya de Biskra. La variété est la plus dominante dans la région des Ziban (ONFAA, 2016a ; DSA-Biskra, 2018 ; DPSB-Biskra, 2019). Deglet Nour est parmi les rares variétés commercialisables à grande échelle en Algérie et exportables partout dans le monde ; c'est la seule variété qui a obtenu le label d'Indication Géographique Protégée (IGP) (Amrani, 2018 ; Fedala et al, 2020). L'importance de cette variété, sur le niveau local et national, a été détaillée dans la première partie de cette thèse.

2. Zones d'installation des thermo-hygromètres

Dans le but de suivre le cycle phénologique de Deglet Nour et de mesurer la variation thermique et hygrométrique à l'intérieur des jardins phœnicicoles, nous avons opté cinq (05) palmeraies dans la région des Ziban (Fig. 17) ; où chaque palmeraie comporte ses propres spécificités, tels que la localisation géographique, l'altitude, l'emplacement (plaine et oued), le type du sol, la biodiversité variétale et les caractéristiques microclimatiques. Le choix de ces palmeraies est basé sur les particularités géographiques (dans des plaines et aux rives d'oueds -Dachra-) et l'époque de création (anciennes et nouvelles -Lemkimnet et Mangae Bougtaf-) :

- **Dachra**, située sur les rives d'oued El Hay à l'Ouest de la ville d'El Kantara. La commune d'El Kantara, d'une superficie de 239,10 km², est localisée au Sud des piémonts des Aurès, à environ 50 km au Nord du chef-lieu de la wilaya. Elle est pleine de contrastes ; il neige à une vingtaine de km plus au Nord (en hiver), et de

majestueuses dunes de sable sont à une soixantaine de kilomètres un peu plus au Sud où la température en été peut frôler les 50 °C. La fente entre les gorges quant à elle crée un couloir de vents froid qui caractérise le microclimat de la région. La superficie occupée par le palmier dattier ne dépasse pas les 232 ha ; c'est une zone à faible patrimoine phœnicicole, représenté par 27630 palmier (dont 24730 en production). La Deglet Nour ne présente que 36,70 % de l'effectif total (seulement 7800 en rapport). Le rendement moyen de toutes les variétés dépasse les 103 kg/pied, alors que celui de Deglet Nour est de 114 kg/palmier (Hamouda et Brinis, 2017 ; DSA-Biskra, 2018 ; DPSB-Biskra, 2019).

- **Lemkimnet**, c'est une mise en valeur agricole étendue sur la plaine d'El Outaya. Elle est située à 10 km au Nord de la ville de Biskra et à 12 km au Sud du chef-lieu de la commune d'El Outaya. Cette dernière occupe une superficie de 406,10 km²; elle possède un total de 71800 palmiers (84,25 % en production), dont 63130 pieds de Deglet Nour (82,16 % en rapport). Le rendement moyen de la production dattière est 112 kg/arbre ; il augment à 114 kg/palmier pour la Deglet Nour (DSA-Biskra, 2018 ; DPSB-Biskra, 2019).
- **Mangae Bougtaf**, c'est une palmeraie de plaine, juxtaposant le centre-ville de la commune de Sidi Okba, à environ 20 km au Sud-Est de Biskra. Cette commune d'une superficie de 254,10 km², contient 380986 palmiers (dont 57,37 % de la variété Deglet Nour) ; 360340 palmiers parmi cet effectif sont en production (Deglet Nour représente 55,11 %). Le rendement moyen en dattes est de 107 kg/pied, il s'élève à 114 pour la fameuse Deglet Nour (DSA-Biskra, 2018 ; DPSB-Biskra, 2019).
- **Zaatcha**, située dans la plaine de Lichana à environ 30 km au Sud-Ouest de Biskra, elle voisine Tolga. La commune de Lichana (seulement 39,60 km² de superficie), est une région phœnicicole potentielle de point du vu qualité ; elle englobe 1411 ha cultivés par le palmier dattier, occupée majoritairement par 134100 palmiers de Deglet Nour (94,97 % de l'effectif total), dont 132160 en production (94,90% de palmiers en rapport). Ce patrimoine engendre un rendement de 114 kg/arbre, alors que la moyenne de toutes les variétés confondues est de 113 kg (DSA-Biskra, 2018 ; DPSB-Biskra, 2019).
- **Zaouiet Ben Ouaar**, dans la commune de M'lili à environ 30 km au Sud-Ouest du chef-lieu de la wilaya. La commune d'une superficie de 371,60 km², possède 222374 palmiers, dont seulement 83876 de la variété Deglet Nour (37,72 %) ; alors que l'effectif en rapport est de 220660 pieds (la Deglet Nour représente que 37,43 %). Le rendement dattier moyen est de 104 kg/palmier, tandis que le rendement de Deglet Nour avoisine les 114 kg/pied (DSA-Biskra, 2018 ; DPSB-Biskra, 2019).

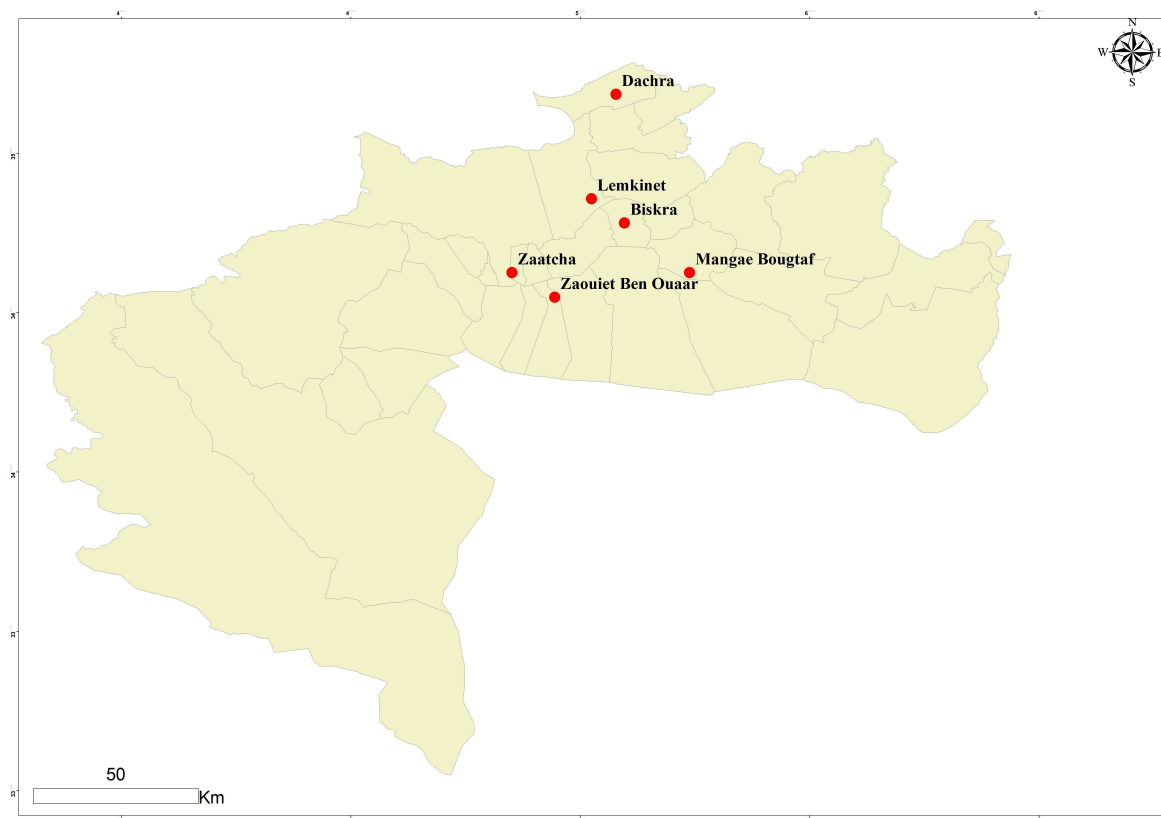


Figure 17 : Localisation des sites de suivi sur la carte de la wilaya de Biskra. (Auteur, 2021)

3. Séries de données climatiques disponibles

Pour le présent travail, nous avons utilisé les données météorologiques enregistrées dans la station météorologique de Biskra, qui dépend de l'Office National de Météorologie (ONM), située à environ 8 km de la ville de Biskra ($34^{\circ} 47' N$ et $5^{\circ} 44' E$), sur une altitude de 78 mètres (ONM, 2019). Ce sont les données annuelles mentionnées dans le Tableau 3 :

Tableau 3 : Données climatiques disponibles de Biskra.

Données	Période
Températures maximales et minimales de l'air	1951-2019
Précipitations	1903-2019
Humidité relative de l'air	1951-2019
Vitesse moyenne du vent	1951-2019
Evaporation	1952-2019
Ensoleillement	1956-2019

(Auteur, 2021)

Pour les données disponibles, nous signalons l'existence de lacunes annuelles liées à l'arrêt des instruments de mesure et/ou de la station météorologique, comme suit :

- Précipitations : 1955 et de 1962 à 1966.

- Humidité relative de l'air : 1955, 1962-1966, 1988-1990 et 1994-2001.
- Vitesse moyenne du vent : 1963 et 1964.
- Evaporation : 1955, 1962-1966 et 1988-1991.
- Ensoleillement : 1962-1966.

Ces manques n'auront pas d'influence sur nos analyses, car nous allons prendre en considération les séries complètes (sans lacunes).

Aussi, nous avons acquis les données annuelles des précipitations (1903-1956) et celles des températures maximales et minimales de l'air (1951-1987).

De notre part, nous avons procédé à l'enregistrement de la température de l'air et de l'humidité relative de l'air à l'intérieur des exploitations phœnicicoles précitées, pour une durée de deux (02) à quatre (04) années ; suite au décalage d'acquisition des enregistreurs, en l'an 2015 et en l'an 2017, selon le Tableau 4 :

Tableau 4 : Sites et périodes d'enregistrement de la température et de l'humidité de l'air.

Site	Coordonnées géographiques	Période
Dachra	35° 12' N et 5° 42' E	21/12/2017-20/12/2019
Lemkimnet	34° 55' N et 5° 38' E	21/12/2017-20/12/2019
Mangae Bougtaf	34° 43' N et 5° 54' E	21/12/2015-20/12/2019
Zaatcha	34° 43' N et 5° 25' E	21/12/2017-20/12/2019
Zaouiet Ben Ouaar	34° 39' N et 5° 32' E	21/12/2015-20/12/2019

(Auteur, 2021)

4. Instrument de mesure et d'enregistrement des données de la température et de l'humidité relative de l'air

Dans chaque site du suivi, nous avons installé un instrument de mesure et d'enregistrement de la température de l'air et de l'humidité relative de l'air. Les instruments ont été installés au milieu des exploitations phœnicicoles, sur une hauteur d'environ deux (02) mètres du sol (Photo 3).



Photo 3 : Thermo-hygromètre placé dans la palmeraie de Zaatcha. (Originale, 2021)

L'enregistrement des données climatiques été assuré par un capteur 'RHT10', de la marque EXTECH (Photo 4). Ses caractéristiques sont les suivantes (Tableau 5) :

- 32000 lectures (16000 pour chaque paramètre : humidité / température).
- Taux d'échantillonnage des données sélectionnables : 2s, 5s, 10s, 30s, 1m, 5m, 10m, 30m, 1hr, 2hr, 3hr, 6hr, 12hr, 24hr.
- Indication du point de rosée via le logiciel Windows.
- Seuils d'alarme programmables par l'utilisateur pour l'humidité relative et la température.
- Pile longue durée de vie.



Photo 4 : Enregistreur de la température et de l'humidité relative de l'air.

Tableau 5 : Caractéristiques de l'instrument de mesure et d'enregistrement de la température et de l'humidité relative de l'air.

Caractéristiques	Gamme
Température	-40 à +70 °C
Humidité	0 à 100% HR
Intervalle d'enregistrement de données	2 secondes à 24 heures
Mémoire	Température : 16000 points Humidité relative : 16000 points
Dimensions	130 x 30 x 25 mm
Poids	20 g

L'enregistrement des données est soit sous forme de fichiers (TEXTE, EXCEL ou BITMAP) (Fig. 18), soit sous forme de graphes (Fig. 19).

>>Nom de l'enregistreur:SIDI OKBA				
>>De:23-02-2016 20:41:33 à:06-03-2017 08:41:33				
>>Points de mesure:9037				
>>Intervalle de mesure:3600 sec.				
>>Température Unit:Celsius				
>>Température(LowAlarm:0.0-HighAlarm:40.0) Humidité relative(LowAlarm:35.0-HighAlarm:75.0)				
NO.	Date	Heure	Température	Humidité relative
1	23/02/2016	20:41:33	19,6	31,6
2	23/02/2016	21:41:33	19,1	31,6
3	23/02/2016	22:41:33	18,5	31,6
4	23/02/2016	23:41:33	17,8	33
5	24/02/2016	00:41:33	17	36,5
6	24/02/2016	01:41:33	16	39,8
7	24/02/2016	02:41:33	15,7	37,7
8	24/02/2016	03:41:33	15,6	37,7
9	24/02/2016	04:41:33	14,4	42,3
10	24/02/2016	05:41:33	13,6	42,2
11	24/02/2016	06:41:33	13,2	42,2
12	24/02/2016	07:41:33	13,5	42,1
13	24/02/2016	08:41:33	15,6	39

Figure 18 : Enregistrement des données sous forme de fichier EXCEL. (Auteur, 2021)

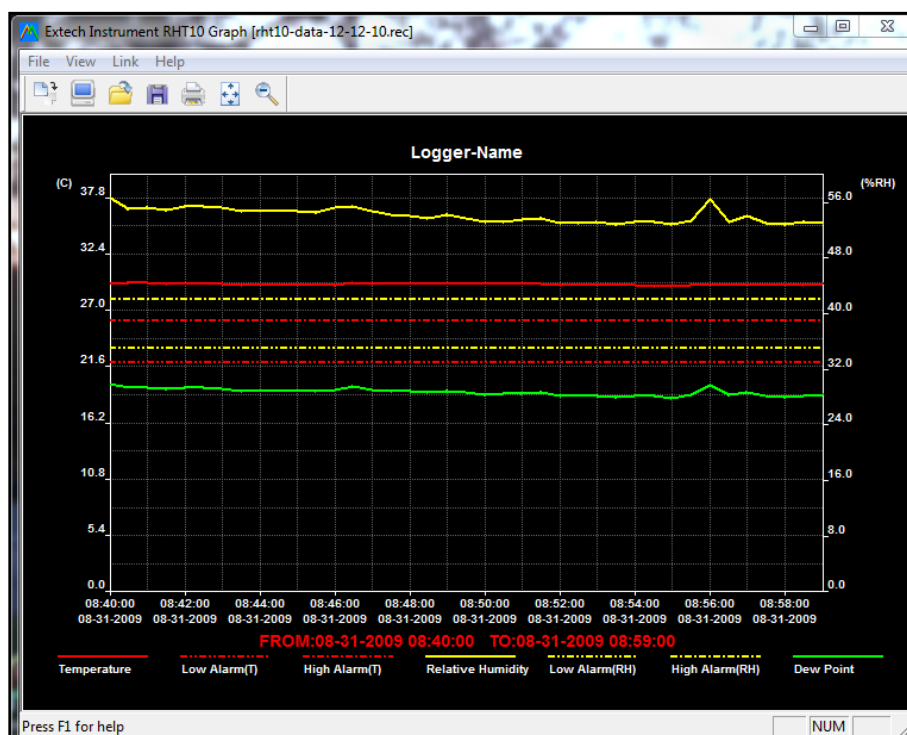


Figure 19 : Enregistrement des données sous forme de graphe.

Pour notre étude, nous avons fixé un intervalle d'une heure entre deux enregistrements, soit 24 valeurs par jour.

5. Programme de sélection des valeurs journalières maximales et minimales de la température et de l'humidité relative de l'air

Afin de ressortir la valeur maximale et la valeur minimale enregistré durant la journée, que ce soit pour l'humidité ou pour la température, nous nous sommes recouru à la conception d'un programme informatique créé en VBA (Visual Basic Application) pour Excel, utiliser

depuis une macro ; son rôle est d'extraire la valeur minimale et la valeur maximale à partir d'un tableau de données pour chaque jour.

Le tableau de données est devisé en trois colonnes (Date, Heure, Valeur), pour chaque date unique (jour) se trouve 24 chiffres ; donc le programme cherche le chiffre minimum ou le chiffre maximum et le fait insérer sur un nouveau tableau crée par le programme. Les résultats finals de cette opération sont deux (02) tableaux, chaque tableau contient trois colonnes (Date, Heure, Valeur -soit minimale ou maximale-) (Fig. 20).

Date	heure	MinDetemperature		Date	heure	MaxDetemperature
21-déc-15	7:17:36 PM	8.4		21-déc-15	10:17:36 PM	18.8
22-déc-15	8:17:36 PM	13.3		22-déc-15	1:17:36 AM	19.1
23-déc-15	7:17:36 PM	5.4		23-déc-15	10:17:36 PM	16.4
24-déc-15	6:17:36 PM	-4.4		24-déc-15	10:17:36 PM	19.1
25-déc-15	7:17:36 PM	9		25-déc-15	1:17:36 AM	20.3
26-déc-15	7:17:36 PM	5.6		26-déc-15	10:17:36 PM	19.5
27-déc-15	7:17:36 PM	5.8		27-déc-15	10:17:36 PM	18.3
28-déc-15	3:17:36 PM	6.9		28-déc-15	10:17:36 PM	19.5
29-déc-15	6:17:36 PM	11.7		29-déc-15	10:17:36 PM	22.4
30-déc-15	7:17:36 PM	5.4		30-déc-15	10:17:36 PM	19.5
31-déc-15	4:17:36 PM	6.5		31-déc-15	1:17:36 AM	19.0
01-janv-16	7:17:36 PM	9.8		01-janv-16	1:17:36 AM	19.7
02-janv-16	4:17:36 PM	-4.5		02-janv-16	10:17:36 PM	20.5
03-janv-16	7:17:36 PM	0.8		03-janv-16	1:17:36 AM	21.4
04-janv-16	4:17:36 PM	0.3		04-janv-16	10:17:36 PM	19.3
05-janv-16	7:17:36 PM	2.2		05-janv-16	1:17:36 AM	19.4
06-janv-16	7:17:36 PM	5.7		06-janv-16	11:17:36 PM	19.4
07-janv-16	7:17:36 PM	10.3		07-janv-16	11:17:36 PM	17.8

Figure 20 : Résultats obtenus par le programme de sélection des données (Exemple de sélection des températures minimales et maximales de l'air). (Auteur, 2021)

6. Suivi du cycle phénologique de Deglet Nour

Selon Toutain (1972), la floraison du palmier dattier commence en température assez élevée ; par exemple elle est de 18 °C à Laghouat et de 20 °C à Oued Righ. Pour mûrir, la datte demande une chaleur estivale prolongée et une hygrométrie relativement faible. De la floraison à la maturation, la somme des températures doit atteindre 5000 °C pour les variétés précoces et 6000 °C pour les tardives. Alors que la durée de l'évolution des fruits est de 100 à 200 jours, selon les variétés et les conditions du milieu.

Pour le présent travail, nous avons noté les dates du début de quelques stades phénologiques de Deglet Nour dans les cinq (05) palmeraies. Notre suivi continu (hebdomadaire à bimensuel) s'est focalisé sur trois palmiers femelles (afin d'augmenté la précision des résultats) et un palmier mâle (Dokkar) dans chaque exploitation phœnicicole. Tous les palmiers se ressemblent du point de vue morphologique (Photo 5) ; la hauteur des pieds était entre 2 et 4 mètres et la moyenne d'âge entre 15 à 25 années. L'écartement entre les palmiers été plus ou moins respecté, 5 à 8 m. La toilette des palmiers, la limitation et l'ensachage des régimes étaient pratiquer dans toutes les palmeraies. Nous avons opté à ces caractéristiques pour assurer une homogénéité environnementale des palmiers suivis.



Photo 5 : Palmeraie de Mangae Bougtaf. (Originale, 2021)

Les caractéristiques de chaque exploitation phoenicicole sont présentées dans le Tableau 6 :

Tableau 6 : Caractéristiques des sites d'expérimentation.

Palmeraies	Dachra	Lemkimnet	Mangae Bougtaf	Zaatcha	Zaouiet Ben Ouaar
Nombre de palmiers	35	500	90	100	150
Dont Deglet Nour	11	70	60	50	40
Biodiversité variétale	Degla Beidha, Ghars, Mech Degla.	Ghars, Hamraya, Litima, Mech Degla, Tantbouch.	Degla Beidha, Ghars, Litima, Mech Degla.	Ghars, Mech Degla.	Ghars, Litima, Mech Degla, Tantbouchet.
Nombre de palmiers mâles	01	10	01	03	02
Age de palmiers (années)	10-30	15	20	20-25	20-30
Hauteur moyenne des palmiers (m)	2-6	2-3	3-4	2,5-3	3-5
Espacement entre palmiers (m)	5	8	12 entre les lignes et 5 entre les palmiers.	5	8
Présence d'arbres fruitiers	Figuier et grenadier.	Non.	Figuier, grenadier et la vigne.	Abricotier, Figuier et la vigne.	Figuier, grenadier et la vigne.

Présence de cultures sous-jacentes	Non.	Non.	Non.	Coriandre, oignon, persille, piment, poivrier et la tomate.	Non.
Qualité du sol	Argilo-limoneux.	Argilo-limoneux.	Argilo-limoneux.	Sableux.	Sableux.
Type et fréquence d'amendement	Non.	Non.	Minéral, une fois chaque deux années.	Organique, une année un côté et la deuxième année l'autre côté.	Organique, une fois chaque trois années.
Qualité d'eau d'irrigation	Douce.	Douce.	Salée.	Douce.	Salée.
Fréquence d'irrigation (par mois)	2-3 en hiver et 3-5 en été.	2-3 en hiver et 3-4 en été.	2-3 en hiver et 3-4 en été.	2-3 en hiver et 3-4 en été.	2-3 en hiver et 3-4 en été.
Drainage	Inexistant, la palmeraie juxtaposant l'oued.	Draines tertiaires.	Draines tertiaires.	Draines tertiaires.	Draines tertiaires.

(Auteur, 2021)

Les stades phénologiques suivi sont : i) le début de l'apparition des spathes, ii) l'ouverture des spathes, iii) la pollinisation, iv) le début de la maturité des fruits, et v) la maturité complète des fruits ; ce sont les principaux stades qui tirent l'attention des phœniciculteurs et qui demandent une omniprésence dans les jardins phœnicicoles. Aussi, nous avons noté les dates du début et de la fin des opérations de la récolte des dattes.

7. Calcul de degré-jour

Un degré-jour (également appelé degré-jour croissant, unité de chaleur ou unité thermique) est une mesure de la quantité de chaleur qui s'accumule au-dessus d'une température de base spécifiée pendant une période de 24 heures (Herms, 2004). La somme des degré-jour, nécessaire pour le développement végétatif, varie d'une plante à une autre ; par exemple, elle est de 790 à 2050 °C pour le maïs, du semis à la récolte.

La méthode moyenne est la méthode la plus simple pour calculer le nombre de degrés-jours. Ajoutez simplement les températures maximales et minimales quotidiennes et divisez la somme par deux pour obtenir la température moyenne du jour. Puis soustrayez la température de base de la température moyenne (Herms, 2004) :

$$\text{Degré-jour} = [(T \text{ max} + T \text{ min}) / 2] - T \text{ de base}$$

- T max : température maximale journalière.
- T min : température minimale journalière.
- T de base : température où la plante reprenne son activité végétative.

Si la température maximale de la journée ne dépasse jamais la température de base, aucun développement ne correspond à se produit et zéro degré-jour s'accumule (nous ne calculons pas de valeurs négatives en degrés-jours car le développement des organismes ne s'inverse pas s'il fait froid).

Les facteurs limitant de la culture du palmier dattier sont une température élevée, une absence presque totale de pluies et un degré hygrométrique faible (Toutain, 1967).

Le palmier dattier est une espèce des régions arides et semi arides, c'est une espèce thermophile. Ses besoins en températures, surtout en fructification sont très élevés. L'activité végétative du palmier dattier se manifeste à partir d'une température située entre 7 °C et 10 °C ; elle varie selon les individus, les cultivars et les conditions climatiques locales. Cette activité atteint son maximum entre 30 °C et 38 °C (Herms, 2004 ; Babahani et Eddoud, 2012).

Plusieurs chercheurs concèdent que la croissance du palmier dattier commence lorsque la température de l'air atteinte les 10 °C ; c'est le zéro de végétation ou le degré de croissance (Louvét et Toutain, 1973 ; Djerbi, 1986 ; Si Bennasseur, 2005). Dans cette contribution nous avons concéder que la température de base du palmier dattier est 10 °C.

Deuxième section : Enquête de terrain

Le chercheur dispose d'une panoplie de méthodes pour bien diriger sa recherche, il compare entre elles et choisit celle qui convient le mieux à ses objectifs. Selon Angers (1997), il existe trois méthodes types :

- 1- La méthode historique, elle a pour objet les phénomènes du passé qu'elle cherche à reconstituer pour les étudier et les comprendre.
- 2- La méthode expérimentale, elle prend pour objet des phénomènes mesurables et vise à effectuer un rapport de causalité, il faut dire que « ce sont les sciences de la nature qui sont à l'origine de cette méthode ».
- 3- La méthode d'enquête, qui s'effectue par le biais de plusieurs techniques d'investigations confectionnées selon des plans rigoureux.

Dans la langue courante, le terme « Enquête » signifie tout simplement quête d'information, recherchée pour savoir quelques choses (Hamel et Benazzouz, 2017). Selon Mucchiell (1994), si on ajoutant deux autres idées à cette définition :

- Cette recherche sera méthodique, c'est-à-dire que cette procédure est organisée selon un plan rigoureux.
- Elle s'appliquera à une réalité tout à fait particulière.

L'enquête de terrain permet au chercheur d'étudier son sujet dans son environnement naturel pour mieux le comprendre. A travers diverses techniques, l'enquête de terrain permet

de récolter des données informatives utiles qui doivent aider l'enquêteur à répondre à sa problématique et vérifier ses hypothèses (Gaspard, 2019).

Elle se compose de plusieurs étapes connexes comme le choix du sujet, le développement et l'établissement des objectifs, le problème et le choix d'un plan. Les enquêtes peuvent être classées selon (Hamel et Benazzouz, 2017) : i) l'approche, ii) les objectifs et, iii) les modalités de choix des sujets.

De ce fait, nous nous sommes opté pour une enquête qualitative par échantillonnage, afin de décrire s'il y a une évolution et/ou un changement des conditions climatiques et des stades phénologiques du palmier dattier. Durant la réalisation de l'enquête, nous avons appliqué l'entretien semi-directif ; qui se base, selon Kling-Eveillard et al (2012), sur l'entretien individuel entre l'enquêteur et l'enquêté. Nous avons consacré également une partie spécifique aux entretiens de groupe, appelés entretiens collectifs.

Construire un échantillon pour les enquêtes qualitatives, doit combiné à la fois de la rigueur, sur la base de principes à respecter pour définir les publics à enquêter, et du pragmatisme pour se procurer des noms de personnes à partir de sources rarement exhaustives et actualisées. La construction de l'échantillon débute par la définition de la population d'étude (Kling-Eveillard et al, 2012). Nous avons visé les agriculteurs de plus de 60 ans d'âge ; c'est la génération qu'a vécu avant et après le début du changement climatique, à travers des entretiens avec 39 phœniciculteurs (37,5 % de la population mère), dans les communes de Sidi Okba et de Tolga. Ce sont, respectivement, la première et la deuxième commune productrice de dattes dans la wilaya de Biskra ; les palmeraies des deux communes sont dominées par Deglet Nour. Néanmoins, le nombre des palmiers de ce cultivar est plus important à Tolga, qui se situe à 35 km au Sud-Ouest du chef-lieu de la wilaya ; il représente 78,87 % de l'effectif total des palmiers de la commune. Néanmoins dans la commune de Sidi Okba, au Sud-Est de Biskra, le nombre de palmiers Deglet Nour ne représente que 57,37 % du nombre total de la palmeraie (Tableau 7).

Tolga et Sidi Okba regroupent 15,67 % de patrimoine phœnicicole de la wilaya, 15,76 % de palmiers en production et 15,53 % de la production en dattes. Pour la Deglet Nour, les taux s'élèvent à 16,85 % pour l'effectif total de ce cultivar et à 16,96 % pour le nombre de pieds en rapport, alors qu'il est de 19,23 % pour la production. L'effectif des palmiers est réparti sur une superficie de 2839 ha à Sidi Okba et 3134 ha à Tolga. Le rendement moyen dans les palmeraies de Tolga (143,35 kg/palmier) est plus élevé par rapport à celui enregistré à Sidi Okba (103,93 kg/palmier) (DSA-Biskra, 2021).

Tableau 7 : Patrimoine phœnicicole de Sidi Okba et de Tolga.

Commune	Total palmiers			Deglet Nour		
	Nombre des palmiers	Palmiers en production	Production (qx)	Nombre des palmiers	Palmiers en production	Production (qx)
Sidi Okba	381946	378200	393070	219546	216100	216210
Tolga	315258	309080	443080	248928	242750	376210
Total wilaya	4448867	4360000	4770000	2780137	2705000	3080000

(Source : DSA-Biskra, 2021)

Afin de collecter le maximum possible d'informations, nous avons préparé notre propre guide d'enquête (Annexe 1). Après quelques contacts de test avec des agriculteurs, on a été obligé d'adapter et de réduire le nombre de questions, car le guide préliminaire était condensé ; il contenait beaucoup de questions qui touchent tous les aspects de la palmeraie, ceci a compliqué les entretiens avec les agriculteurs. Le questionnaire final adopté pour la réalisation des entretiens a été traduit en langue arabe ; ce questionnaire de trois (03) pages est composé, en majorité, de questions fermées et de quelques questions ouvertes et ouvertes (Annexe 2).

Les sorties sur le terrain ont commencées en décembre 2015, où nous avons réalisé des simples entretiens avec quelques agriculteurs ; ces premiers contacts nous ont permis de préparer et d'ajuster le guide d'enquête.

Selon les chiffres accordés par la chambre de l'agriculture de la wilaya de Biskra (CAW-Biskra), le nombre de phœniciculteurs affiliés à cette dernière, jusqu'à février 2021, est de 18229 (Tableau 8) ; ce sont les propriétaires des jardins et des exploitations phœnicicoles.

Tableau 8 : Nombre de phœniciculteurs de la wilaya de Biskra.

	Total	Agés de plus de 60 ans	Taux (%)
Wilaya de Biskra	18229	879	4,82
Commune de Sidi Okba	1764	34	1,93
Commune de Tolga	1496	70	4,68

(Source : CAW-Biskra, 2021)

L'enquête proprement dite à été réalisée sur deux (02) périodes :

- du 09 avril au 09 mai 2019.
- du 21 février au 21 mars 2021.

Durant la réalisation des enquêtes de terrain dans les régions de Sidi Okba et de Tolga, à travers plusieurs sorties, nous avons contacté des phœniciculteurs âgés de plus de 60 ans, répartis comme suit :

- 17 à Sidi Okba,
- 22 à Tolga.

Les entretiens ont duré entre 30 et 120 minutes. Nous avons passé plus du temps avec les phœniciculteurs membres des associations d'agriculteurs et des associations de distribution d'eaux d'irrigation ; ce sont des sources incontournables qui détiennent plus d'informations et du savoir-faire, car ils sont en contact permanent avec les agriculteurs et les structures technico-scientifiques et administratives et certains, d'entre eux, ont poursuivi des formations et des stages dans le domaine de la phœniciculture.

En outre, nous avons approché :

- trois (03) cadres de la DSA de Biskra,

- six (06) cadres au niveau des subdivisions de l'agriculture (trois à Sidi Okba et trois à Tolga),
- trois (03) cadres de la chambre de l'agriculture de la wilaya de Biskra,
- des chercheurs au centre de recherche sur les régions arides (CRSTRA – Biskra),
- des ouvriers phœnicicoles (âgés de plus de 60 ans).

Ces personnes ont été une source supplémentaire, qui nous a permis d'enrichir nos connaissances et d'actualiser nos données.

Troisième section : Outils d'analyses

Toutes les données (enregistrées, acquises, collectées et recueillies), que ce soit pour les données climatiques, l'enquête de terrain et le suivi du cycle phénologique de la Deglet Nour, ont été analysées statistiquement ; le but est de ressortir la variation, l'évolution et/ou la corrélation des différents paramètres étudiés. Les tests statistiques utilisés sont :

1. Test de tendance de Mann-Kendall

Dans le cas d'une série d'observations météorologiques, le test de tendance de Mann-Kendall est le plus utilisé pour démontrer l'existence possible d'une tendance. Dans le cas d'existence d'une tendance linéaire (à la hausse ou à la baisse) basée sur des séries temporelles, ce test non paramétrique nous permettra de déterminer la période de rupture dans la série de données (McLeod et al, 1990 ; Braud, 2011).

Selon Sneyers (1990), pour chaque élément x_i ou, ce qui est la même chose, pour chaque élément y_i , le nombre n_i d'éléments y_j le précédent ($i > j$) est calculé tel que $y_i > y_j$. La statistique de test t est alors donnée par l'équation :

$$t = \sum_{i=1}^n n_i$$

Et sa fonction de distribution, sous l'hypothèse nulle, est asymptotiquement normale, avec moyenne et variance. La moyenne et la variance de la statistique du test sont calculées, respectivement, par :

$$E(t) = \frac{n(n-1)}{4} \text{ et } \text{var } t = \frac{n(n-1)(2n+5)}{72}$$

n : le rang

La statistique réduite du test est donnée par :

$$u(t) = \frac{[t - E(t)]}{\sqrt{\text{var}(t)}}$$

Il est clair qu'en l'absence de toute hypothèse sur l'existence d'une tendance dans une direction donnée, le test n'est correct que sous sa forme bilatérale. L'hypothèse nulle doit donc

être rejetée pour des valeurs élevées de $|u(t)|$. En particulier, si la probabilité α_1 est déterminée à l'aide de la loi normale centrée réduite telle que :

$$\alpha_1 = Prob|u| > |u(t)|$$

L'hypothèse nulle est acceptée ou rejetée au niveau α_0 , selon que l'on a $\alpha_1 > \alpha_0$ ou $\alpha_1 < \alpha_0$.

Lorsque les valeurs de $u(t)$ sont significatives, une tendance à la hausse ou à la baisse peut être observée selon que $u(t) > 0$ ou $u(t) < 0$ (Sneyers, 1975). Toutefois, lorsqu'on désire situer l'époque à partir de laquelle la tendance s'est manifestée, la statistique du test se prête mieux au calcul progressif et rétrograde nécessaire à cet effet. En inversant la direction du calcul, la variable $u(t)$ obtenue est appelée série rétrograde. Le point d'intersection de $u'(t)$ avec $u(t)$ donne le début de la tendance (Meddi et al, 2005).

Les résultats d'applications ont été représentés, en choisissant un seuil de signification de 5% ; afin de garantir un intervalle de confiance (Slimani, 2016).

Afin de confirmer ou d'infirmer l'existence d'une tendance des températures de l'air à Biskra, que ce soit vers la hausse ou vers la baisse, nous avons analysé une série de données annuels de températures maximales et minimales enregistrées dans la station météorologique de l'ONM à Biskra. La série de données disponibles est d'une durée de 68 ans (1951-2018).

2. Analyses de la sécheresse météorologique

Les indices sont le plus souvent des représentations numériques de l'intensité des sécheresses, que l'on calcule à partir de valeurs climatiques ou hydrométéorologiques. Ils mesurent l'état qualitatif d'une sécheresse à un emplacement donné pour une période donnée (OMM et GWP, 2016).

Connaitre l'indice de sécheresse le mieux adapté à tel ou tel climat et à telle ou telle application est une question qui suscite de fortes débats au fil des années. Un bon nombre de définitions et d'indices de la sécheresse ont vu le jour et certains auteurs se sont essayés à formuler des avis éclairés sur le sujet.

Selon Safar-Zitoun (2018), de point de vue technique, ces indices sont des indicateurs. Les informations tirées des indices sont utiles pour planifier et concevoir des applications (évaluations des risques, systèmes d'alerte précoce, outils d'aide à la décision en vue d'atténuer la menace dans les zones touchées), à condition de connaître le régime climatique et la climatologie des sécheresses dans la région.

Les indicateurs sont classables en deux catégories : 1) indicateurs locaux, basés sur des données ponctuelles et prennent alors une signification de « témoins représentatifs », et 2) indicateurs globaux, basés sur des données macroscopiques et statistiques, significatifs à l'échelle des unités administratives (pays, région, wilaya ou commune) ou naturelles (bassins hydrographiques, aquifères régionaux, zones agro-écologiques) (Safar-Zitoun, 2018).

Puisqu'il n'existe pas de définition unique de la sécheresse, plusieurs indices de sécheresse sont utilisés dans le monde, selon le climat et le secteur touché. Le choix est souvent basé sur des habitudes locales, qui, à la longue, deviennent de véritables coutumes (OMM et GWP, 2016 ; Koudamiloro et al, 2017).

On utilisant la série disponible des précipitations mensuelles à Biskra, d'une durée de 45 années (1974-2018), nous nous sommes recourus à cinq indices, couramment utilisés au niveau des régions arides et semi-arides, afin d'analyser la variabilité de la sécheresse météorologique à Biskra.

2.1. Indice de pluviosité (Ip)

L'indice reflète la quantité de précipitations reçues par rapport à la moyenne à long terme pour une zone et une période spécifiée. C'est le rapport de la hauteur de précipitation annuelle (Pi) à la hauteur moyenne annuelle de précipitations de la série (Pm) (Doukpolo, 2007).

$$Ip = Pi / Pm$$

Une année est qualifiée d'humide si ce rapport est supérieur à 1 et de sèche s'il est inférieur à 1 (Achir et Hellal, 2016).

Pour situer une pluviométrie dans une longue série de relevés pluviométriques, on utilise l'écart proportionnel à la moyenne (Ipm).

$$Ipm = Ip - 1$$

Le cumul des indices (Ipm) d'années successives permet de dégager les grandes tendances en faisant abstraction des faibles fluctuations d'une année à l'autre. Quand la somme des indices croît, il s'agit d'une tendance humide. La tendance est de type « sèche », dans le cas contraire (Alouini et Bergaoui, 2001).

2.2. Indice de l'écart à la moyenne (Em)

Cet indice est appelé aussi 'Indice de sécheresse'. C'est le calcul de la différence entre la hauteur des précipitations annuelles (Pi) et la hauteur moyenne annuelle des précipitations (Pm). Il est le plus utilisé par les agrométéorologues, pour estimer le déficit pluviométrique à l'échelle de l'année (Doukpolo, 2007 ; Jouilil et al, 2013).

$$Em = Pi - Pm$$

La répartition annuelle des précipitations renseigne de manière directe sur la fluctuation des hauteurs des pluies et permet, comparé à la moyenne de la série, de dégager les années humides et sèches ; permet aussi d'estimer le déficit pluviométrique à l'échelle de l'année et

de visualiser et de déterminer le nombre d'années déficitaires et leur succession, on parle alors d'année déficitaire quand la pluie est inférieure à la moyenne et d'année excédentaire quand la moyenne est dépassée. Cet indice permet de visualiser et de déterminer le nombre d'années déficitaires et leur succession (Alouini et Bergaoui, 2001 ; Triki, 2009).

2.3. Indice du nombre d'écarts type

Il est calculé par la comparaison de la pluie moyenne annuelle (P_m) au nombre d'écarts-types (σ) dont la formule est la suivante (Aghrab, 2005) :

$$\sigma = [1/(N - 1)]\Sigma(P_i - P_m)1/2$$

Lorsque P_i (précipitations de l'année calculée) est inférieur à $P_m - \sigma$, on parle d'une sécheresse forte. Il s'agit d'une sécheresse très sévère si P_i est inférieur à $P_m - 2\sigma$ (Alouini et Bergaoui, 2001) (Tableau 9).

Tableau 9 : Sévérité de la sécheresse.

Type de sécheresse	Critère de comparaison
Modérée	$P_m - \sigma < P_i < P_m$
Forte	$P_m - 2\sigma < P_i < P_m - \sigma$
Très sévère	$P_i < P_m - 2\sigma$

(Source : Alouini et Bergaoui, 2001)

2.4. Analyse fréquentielle

C'est l'un des outils de base de l'analyse de l'occurrence d'événements extrêmes (Koudamilo et al, 2017). Dans notre cas, les pluies annuelles sont classées dans l'ordre croissant suivant leur probabilité au non-dépassement (F) dont la formule est la suivante :

$$F = (r / (N + 1)) * 100$$

Avec :

r : rang de l'année selon une classification croissante des quantités de pluies.

N : nombre d'années d'observation.

Selon Alouini et Bergaoui (2001), les années seront classées en fonction de leur probabilité au non-dépassement en cinq classes comme indiqué dans le Tableau 10.

Tableau 10 : Classes de sécheresse en fonction des fréquences (F).

Classe	Fréquence ou probabilité au non-dépassement
Très sèches	$F < 15 \%$

Sèches	$15 \% \leq F < 35 \%$
Normales	$35 \% \leq F < 65 \%$
Humides	$65 \% \leq F < 85 \%$
Très humides	$F \geq 85\%$

(Source : Alouini et Bergaoui, 2001)

2.5. Indice de précipitations normalisé

Il est connu sous l'abréviation SPI (Standardized Precipitation Index), c'est un indice de probabilité qui repose seulement sur les précipitations. Les probabilités sont standardisées de sorte qu'un SPI de 0 indique une quantité de précipitations médiane (par rapport à une valeur moyenne de référence, calculée sur 30 ans). L'indice est négatif pour les sécheresses, et positif pour les conditions humides. L'Organisation Météorologique Mondiale (OMM et GWP, 2016), recommande l'utilisation de l'SPI comme point de départ pour le suivi de la sécheresse météorologique, car il a un certain niveau d'alerte rapide à la sécheresse. L'indice de précipitations a été développé, en 1993, en vue de quantifier le déficit des précipitations pour des échelles de temps multiples qui vont refléter l'impact de la sécheresse sur la disponibilité des différents types de ressources en eau pour une période donnée (McKee et al, 1993 ; Hayes, 1996). Son calcul ne demande pas de longues séries pluviométriques et il présente le grand avantage de fonctionner à diverses échelles de temps et de permettre des évaluations de la sécheresse à court, moyen, ou long terme (Triki, 2009). Cet indice est calculé, surtout, lorsque les précipitations ne sont pas normalement distribuées. Il est exprimé mathématiquement comme suit :

$$SPI = (P_i - P_m)/s$$

P_i : Pluies de l'année i .

P_m : Pluies moyennes de la série sur l'échelle temporelle considérée.

s : Ecart-type de la série sur l'échelle temporelle considérée.

Le calcul de l'SPI en un lieu, quel qu'il soit, est basé sur l'historique de précipitations sur une longue durée correspondant au laps de temps étudié. On ajuste une distribution de probabilité à cette longue série de relevés, puis on la transforme en une distribution normale pour que l'SPI moyen, du lieu considéré et pour le laps de temps étudié, soit égal à zéro (Edwards et McKee, 1997).

D'après l'OMM (2012), nous utiliseront le système de classification présenté dans le Tableau 11, pour définir l'intensité des épisodes de sécheresse en fonction de la valeur de l'indice.

Tableau 11 : Valeurs et significations de l'SPI.

Valeur SPI	Signification
2,0 et plus	Extrêmement humide

de 1,5 à 1,99	Très humide
de 1,0 à 1,49	Modérément humide
de -0,99 à 0,99	Proche de la normale
de -1,0 à -1,49	Modérément sec
de -1,5 à -1,99	Très sec
-2 et moins	Extrêmement sec

(Source : OMM, 2012)

3. Test de corrélation

Le test de corrélation est utilisé pour étudier la dépendance entre deux ou plusieurs variables. On dit qu'il y a corrélation entre deux variables lorsqu'elles ont tendance à varier, soit toujours dans le même sens (par exemple, si X augmente, Y a tendance à augmenter aussi), soit toujours en sens inverse (par exemple, si X augmente, Y a tendance à diminuer) (Geffray, 2008 ; STHDA, 2020).

Il existe selon STHDA (2020) :

- la méthode de corrélation de Pearson qui est un test de corrélation paramétrique car elle dépend de la distribution des données. Cette méthode mesure la dépendance linéaire entre les deux variables.
- le test de corrélation de Kendall et celui de Spearman basés sur un test de rang (méthodes non paramétriques). Ces deux méthodes sont recommandées si les données ne proviennent pas d'une distribution normale.

Nous avons opté le test de corrélation de Pearson qu'est la méthode la plus couramment utilisée pour calculer le coefficient de corrélation entre deux variables ; c'est un coefficient de corrélation entre deux variables x et y, peut être calculé en utilisant la formule ci-dessous (STHDA, 2020) :

$$r = \frac{\sum(x - m_x)(y - m_y)}{\sqrt{\sum(x - m_x)^2 \sum(y - m_y)^2}}$$

m_x et m_y correspondent aux moyennes des variables x et y.

La valeur du coefficient de corrélation est comprise entre -1 et 1 :

- -1 correspond à une forte corrélation négative : cela signifie que, chaque fois que x augmente, y diminue.
- 0 signifie qu'il n'y a pas d'association entre les deux variables (x et y).
- 1 correspond à une forte corrélation positive : cela signifie que, y augmente avec x.

4. Analyse de variance multivariée

Afin de ressortir l'influence de l'interaction "Année agricole - Palmeraie" sur les dates de début des différents stades phénologiques de Deglet Nour à Biskra, de la durée de chaque stade et des besoins thermiques, nous sommes optés à l'analyse de variance multivariée (ou MANOVA pour « Multivariate analysis of variance »). C'est un test statistique qui vise à déterminer si des facteurs qualitatifs ont des effets significatifs sur plusieurs variables dépendantes quantitatives prises collectivement. En cela, la MANOVA est donc une généralisation de l'analyse de la variance (ANOVA), qui est univariée, c'est-à-dire qui ne porte que sur une seule variable dépendante. La MANOVA est aussi utilisée pour identifier des interactions entre les variables dépendantes et entre les variables indépendantes (Parsad et Bhar, 1987 ; Aubigny, 2004 ; French et al, 2020).

Pour cette analyse, nous avons utilisé les données enregistrées au niveau des cinq palmeraies du suivi, on appliquant l'option covariable qui nous permettra de traiter tous les variables simultanément. Le calcul statistique a été réalisé à l'aide du logiciel SPSS Statistics 20.

Nous considérons l'existence d'un effet significatif si la marge d'erreur est égale ou inférieure à 5 %, cette marge est pour garantir un seuil de confiance égale ou supérieur à 95 % ; cet intervalle de confiance est le plus répandu (Slimani, 2016).

5. Analyse en composantes principales

L'analyse en composantes principales, notée ACP, est une méthode d'analyse statistique multivariée, qui a pour but d'étudier simultanément une somme importante de données. Elle permet d'obtenir des représentations graphiques des distances entre les individus et des corrélations entre les variables (Mansouri, 2019).

Selon Guerrien (2017), l'ACP est une analyse factorielle, en ce sens qu'elle produit des facteurs (ou axes principaux) qui sont des combinaisons linéaires des variables initiales, hiérarchisées et indépendantes les unes des autres. La première étape, essentielle, consiste à choisir des variables à partir desquelles on veut réaliser l'analyse ; suivant ce que l'on analyse, on choisira telle ou telle variable. Une fois les variables sélectionnées, le calcul de la matrice des corrélations permet d'analyser les relations bilatérales existant entre les différentes variables retenues. La diagonalisation par le logiciel de la matrice de données de départ donne un histogramme des valeurs propres indiquant la part de l'ensemble de l'information contenue sur chaque facteur, ou composante principale. Les axes sont indépendants les uns des autres et se croisent au centre d'un nuage de points correspondant aux individus statistiques disséminés dans un espace, dont le nombre de dimensions est égal au nombre de variables. Tout l'intérêt de l'ACP réside dans cette indépendance puisque ce sont des informations et des organisations spatiales de nature bien différentes que l'analyse fait ressortir pour chaque axe. Par ailleurs, du fait que les facteurs sont hiérarchisés et prennent des parts décroissantes de la variance, les premiers axes concentrent généralement l'essentiel de l'information, ce qui facilite plus encore l'analyse. On procède de la même manière pour le reste des axes.

Pour le traitement des données recueillies auprès des phœniciculteurs (résultats de l'enquête de terrain), nous avons utilisé le logiciel SPSS, Version 18.0.

Quatrième section : Méthodologie du travail

Dans le but de répondre à la problématique de cette étude, qui focalise sur l'existence ou non d'un changement climatique dans la région des Ziban et de ressortir les impacts du ce changement, s'il existe, sur le cycle phénologique de Deglet Nour ; dans cette perspective, nous avons adopté une approche méthodologique graduelle en quatre étapes (Fig. 21) :

- Première étape : Aperçu sur le sujet de recherche

- Revue bibliographique sur le changement climatique et ses impacts sur l'environnement et l'agriculture.
- Choix de la région d'étude (Ziban, premier producteur de dattes en Algérie) et de l'espèce végétale *Phoenix dactylifera* L., ces dattes sont le produit agricole numéro 1 du point de vue revenus générées par les exportations ; selon l'APS (2021c), le chiffre a atteint 46,29 millions de dollars durant les quatre premiers mois de l'an 2021).
- Recherche bibliographique touchant plusieurs aspects : climat et changement climatique, palmier dattier, région d'étude, analyses statistiques, logiciels de traitement statistiques, etc.

- Deuxième étape : Collecte du maximum de données

- Collecte de données (climatiques, agricoles, socioéconomiques, etc.).
- Approche de différentes structures technico-administratives et scientifiques.
- Choix des sites du suivi, puis le suivi du cycle phénologique de Deglet Nour.
- Installation des thermo-hygromètres et enregistrement des données de température et de l'humidité relative de l'air.
- Préparation et adaptation du guide d'enquête.
- Choix des communes et de la population humaine ciblée et réalisation des enquêtes proprement dites.
- Regroupement et unification de toutes les données, sous forme de tableaux (Excel).

- Troisième étape : Analyses approfondies

- Dépouillement de toutes les données.
- Traitement et analyses statistiques, en utilisant différents tests et logiciels statistiques :
 - Résultats de l'enquête de terrain.
 - Variation climatique à Biskra.
 - Tendance des températures de l'air.
 - Variabilité de la sécheresse météorologique.
 - Corrélation entre l'évolution du climat et la phœniciculture.
 - Probabilité d'évolution future du climat de Biskra.
 - Durée des principaux stades phénologiques de Deglet Nour aux Ziban.
 - Besoins thermiques des dattes Deglet Nour aux Ziban.

- Relation entre la variation des conditions climatiques et le cycle phénologique de Deglet Nour dans la région des Ziban.
- Besoins thermiques de Deglet Nour dans la région des Ziban.

- Quatrième étape : Propositions et recommandations

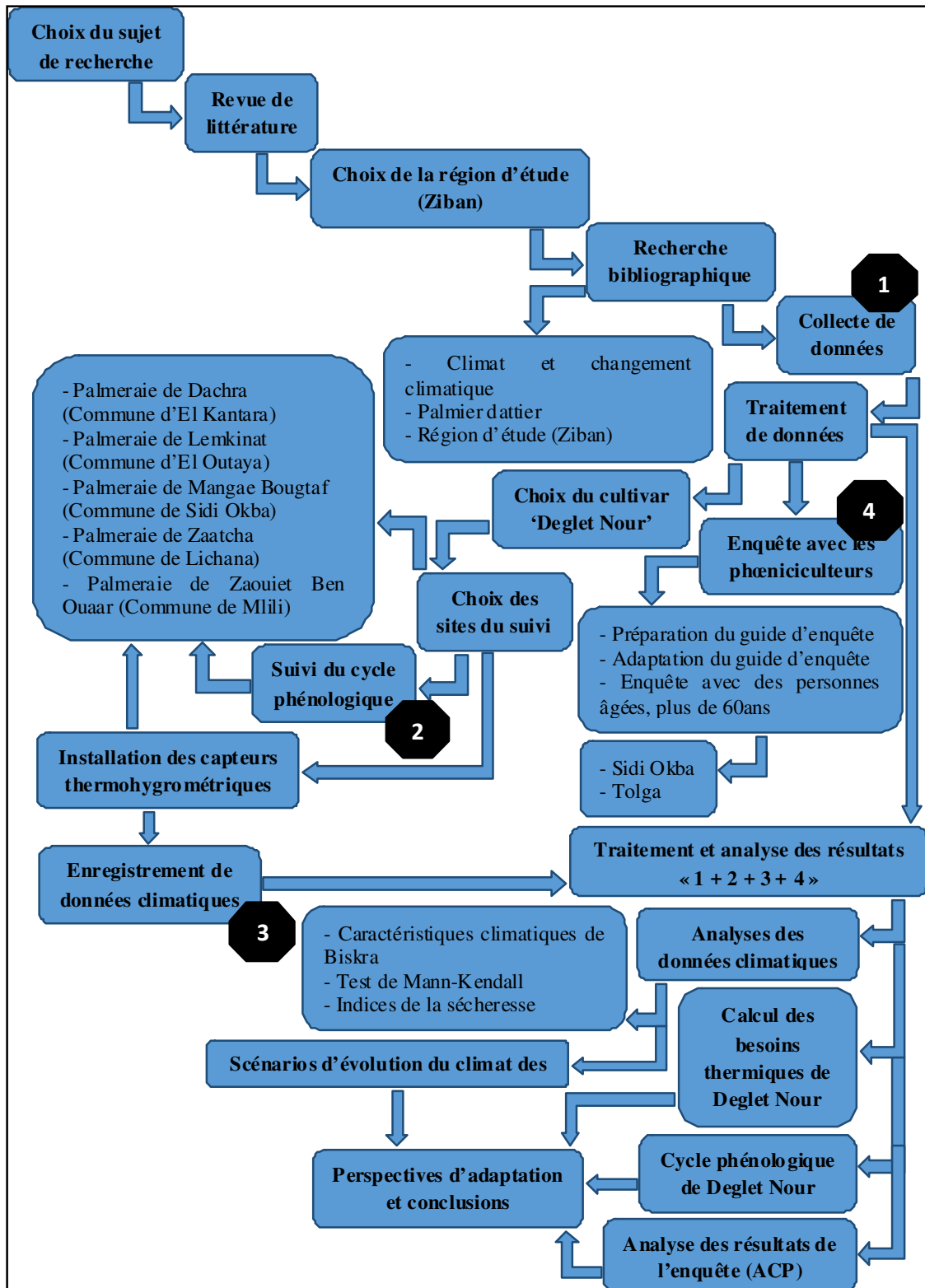


Figure 21 : Méthodologie du travail. (Auteur, 2021)

Troisième partie



Résultats et discussion

Dans cette partie, nous présentons les résultats, enregistrés et collectés, tout au long de la période de la réalisation de cette étude (2015-2021). Les données climatiques et phœnicicoles de la région des Ziban, les résultats de l'enquête de terrain et de suivi du cycle phénologique du palmier dattier sont traités et analysés dans les quatre (04) chapitres suivants.

Chapitre I : Résultats de l'enquête de terrain

Dans ce chapitre nous analysons les données obtenues lors de nos sorties sur le terrain, au niveau des palmeraies de Sidi Okba et de Tolga ; à travers des points touchant les différents aspects environnementaux des jardins phœnicicoles, comme le côté socioéconomique, la conduite culturelle, la production des dattes et la vision des phœniciculteurs vis-à-vis le changement climatique.

1. Identification des personnes enquêtées

Tous les phœniciculteurs enquêtés ont plus de 60 ans d'âge ; ce sont des gents qui ont pratiqué la phœniciculture depuis leurs premiers âges et ont vécu la période pré-changement climatiques (les années soixante et soixante-dix de siècle écoulé). Plus de 56 % de ces agriculteurs appartiennent à la catégorie d'âge '61-70 ans', 39 % à la catégorie '71-80 ans' et 5 % ont plus de 80 ans.

La majorité des personnes contactées (95 %) sont originaires de la wilaya de Biskra, alors que la plupart de personnes venues d'autres wilayas sont des bénéficiaires des terres de la mise en valeur des programmes nationaux du développement agricole (PNDA et APFA) ou ils ont acheté des vergers phœnicicoles.

Une grande partie des personnes enquêtées (69 %) a exercée, seulement, dans le secteur agricole, alors que 31 % avaient d'autres activités professionnelles.

2. Identification des exploitations agricoles

Les exploitants détenteurs de leurs jardins phœnicicoles représentent 51 % des enquêtés ; par contre, 49 % ont des copropriétaires. Le taux de jardins où le nombre de propriétaires dépasse les cinq (05) personnes représente 10 % des exploitations. Généralement, les jardins sont issus d'héritage (46 %) et d'achat (33 %) (Fig. 22).

Presque la totalité des exploitants résident au niveau des agglomérations, seulement 8 % des agriculteurs vivaient à l'intérieur de leurs jardins.

La localisation des jardins phœnicicoles est comme suit :

- 64 % à proximité des agglomérations,
- 36 % loin des agglomérations.

Alors que l'âge moyen de 77 % des jardins est supérieur à trente (30) ans (Fig. 23).

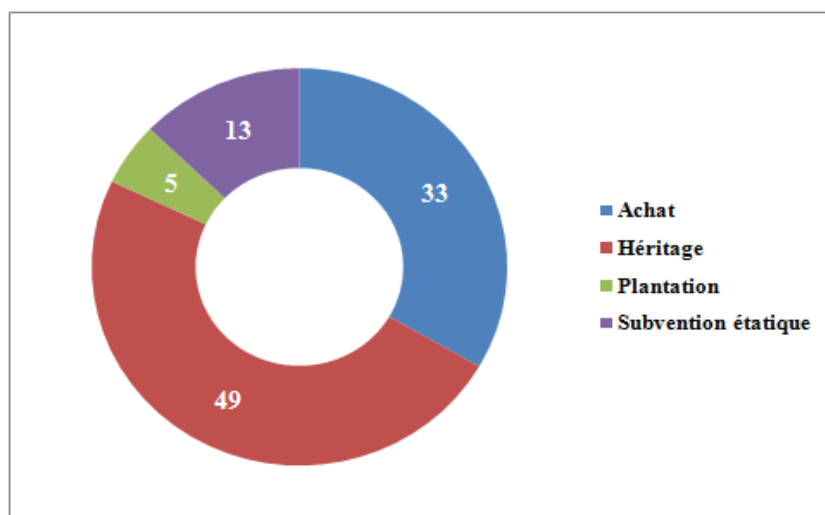


Figure 22 : Statut foncier des jardins phoenicicoles (en %). (Auteur, 2021)

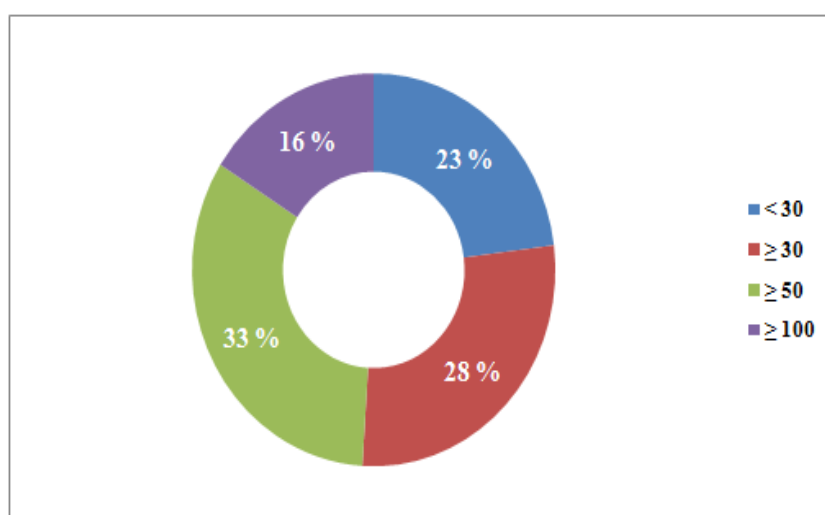


Figure 23 : Age moyen des palmiers (en années). (Auteur, 2021)

3. Structure des exploitations agricoles

La majorité des jardins phoenicicoles sont composés de plusieurs variétés du dattier (95 %) ; néanmoins, la Deglet Nour est dominante dans la plupart de ces jardins poly-variétaux (elle représente 95 % du nombre de palmiers). Alors que le reste des exploitations visitées (5 %) sont monovariétales, où 50 % sont composées de la variété Mech Degla et l'autre partie est constituée de la Deglet Nour. Nous citons entre autres variétés existantes : Arechti, Bouhla, Degla Beidha, Deglet Laarbi, Dhahhi w Glab, Dhfar El-Ghatt, El-Ghazi, El-Ghettar, Essbaya, Ghars, Gasba, Hamraia, Hourra, In Fas, Kahlaia, Lahloua, Litima, Loul El-Gasba, Maatoug, Rotbat Abdellah, Rotbat Sabaa Bdrea, Safraia, Salaf, Tantbouchet, Tmaciniya, Zoggar Moggar. Nous signalons que tous les jardins sont composés de palmiers productifs.

Nous avons enregistré l'existence du Dokkar dans 95 % des jardins (le nombre varie entre 1 et 20 palmiers), mais 64 % des agriculteurs recourent à l'achat et/ou à d'autres moyens pour avoir des spathes mâles ; parce que la quantité produite à l'intérieur des jardins ne suffit pas

pour la pollinisation de tous les palmiers et/ou il y a un décalage entre l'ouverture des spathes mâles et femelles. Le prix d'une spathe mâle varie entre 150 et 1500 DA à Sidi Okba, selon la taille et la variété des spathes et la période de la vente ; il atteint les 6000 DA à Tolga, durant la période de plein pollinisation (mois d'avril). La quantité du pollen produite par un palmier mâle peut polliniser les spathes femelles de dix (10) palmiers.

L'écartement entre les palmiers varie d'un jardin à un autre ; il est inférieur à 7 m dans 55 % des jardins (Annexe 3). Alors que, 51 % de jardins sont composés de plantations anarchiques ; plusieurs palmiers juxtaposeraient et/ou plusieurs palmiers attachés à leurs pied-mère, appelé localement 'Laach ou Laachache'. L'espacement entre les lignes varie, selon les exploitations, entre cinq (05) et neuf (09) m ; alors que dans des cas limités, il atteint les vingt (20) m, cet écartement est exploité, par quelques agriculteurs, pour l'installation des cultures sous-jacentes et même, dans quelques cas, la plasticulture (cultures sous serres).

Les cultures sous-jacentes sont absentes de la plupart des jardins (54 %) et les principales cultures pratiquées sont : les céréales (blé et orge), les maraîchères (sous serres), les cultures fourragères (luzerne et chou), la pomme de terre, la fève, l'oignon, l'ail et les carottes. Par contre, l'arboriculture fruitière est présente dans 87 % des jardins ; elle est composée essentiellement des espèces suivantes : la vigne, l'olivier, le figuier, le grenadier, l'abricotier, le poirier, le pommier, le citronnier, l'organier, le coing et les framboises (Photo 6).



Photo 6 : Arbres fruitiers sous palmiers dans la palmeraie de Sidi Okba. (Originale, 2021)

4. Conduite de la plantation phœnicicole

4.1. Irrigation

L'irrigation est appliquée dans la majorité des jardins (95 %), dont les forages sont la principale source d'eau d'irrigation (87 %) ; ce sont généralement des forages collectifs (59 %) (Annexe 3). Tandis que des agriculteurs de Tolga détiennent des puits d'eaux salées (12-20 m de profondeur), alors que d'autres agriculteurs de Sidi Okba bénéficiaient de l'eau du barrage de Foum El Gherza (construit en 1950 sur l'oued El-Abiod, d'une capacité de 47 millions de m³). Malheureusement, en 2020, les agriculteurs n'ont pas profité de l'eau de cet ouvrage, situé à 10 km au Nord-Est de la palmeraie de Sidi Okba, suite à la sécheresse qui a

caractérisée l'année agricole et aux quantités importantes de la vase présente au niveau de cette retenue.

La majorité des agriculteurs enquêtés ont déclaré que l'eau d'irrigation n'est pas salée (74 %). Par contre, les analyses effectuées par Rechachi (2017) montrent que les eaux utilisées pour l'irrigation, dans les palmeraies de Sidi Okba et de Tolga, sont des eaux salées et de ce fait, elles sont de qualité médiocre à mauvaise pour l'irrigation des cultures.

Les agriculteurs de Sidi Okba exploitent l'eau d'irrigation par submersion (71 %), alors que ceux de Tolga appliquent l'irrigation localisée (par goutteurs) (64 %). De ce fait, les agriculteurs de cette dernière palmeraie ont affirmés que les réseaux d'irrigation sont en bon état (45 %) et ceux de Sidi Okba ont déclarés que leurs réseaux sont dans un état moyen (35 %) ou mauvais (35 %). Il faut signaler que les phœniciculteurs de Sidi Okba réalisent Eddair (Eddouayer, au pluriel), cuvette profonde pour l'irrigation, autour de chaque palmier et/ou de chaque Aach (ensemble de palmiers) ; Eddair est sous forme circulaire et d'une profondeur de 0,8 à 2 m, il a besoin de 30 à 60 minutes pour se remplir d'eau d'irrigation (Photo 7). Par contre, à Tolga, la cuvette d'irrigation est carrée et d'une profondeur de 20 à 100 cm.



Photo 7 : Cuvette d'irrigation 'Eddair' dans la palmeraie de Sidi Okba. (Originale, 2021)

Selon les agriculteurs de Sidi Okba, l'eau d'irrigation est suffisante (76 %) ; par contre, elle est insuffisante dans la moitié des jardins de Tolga. La majorité des enquêtés (61 %) ont déclaré que la consommation de l'eau d'irrigation a augmentée durant les trente dernières années. D'après Benziouche et Chehat (2019), une irrigation inadéquate est la principale contrainte à une bonne productivité des palmiers dattiers ; selon les mêmes auteurs, la quasi-totalité des phœniciculteurs de la région de Tolga souffrent de l'insuffisance d'eau d'irrigation. Ceci est dû à l'accroissement des superficies agricoles mises en valeur, cette évolution n'a pas été accompagnée par un similaire développement des ressources d'eau d'irrigation.

La fréquence d'irrigation variée selon les saisons et la disponibilité de l'eau, elle est entre :

- une à douze (12) fois durant les trois mois de la saison estivale, le nombre d'arrosages le plus élevé est enregistré à Tolga ; jusqu'à une irrigation par semaine chez les agriculteurs qui possèdent des forages individuels,
- une irrigation chaque deux semaines jusqu'à une fois tous les trois mois, durant les autres saisons.

Le tour d'eau d'irrigation dans les palmeraies de Sidi Okba et de Tolga est plus allongé que ce qu'ont rapporté Benziouche et Chehat en 2019, ils ont annoncé que la fréquence d'irrigation est d'une fois tous les 7 à 15 jours. Néanmoins, la fréquence d'irrigation, appliquée dans les palmeraies visitées, reste insuffisante durant la période chaude de l'année, où il est conseillé d'irriguer entre 4 à 6 fois par mois (Sedra, 2003).

En général, le palmier dattier a besoin de 15000 à 20000 m³/ha, en fonction de la salinité et du type de sol ; il tolère une salinité de 6 g/l d'eau d'irrigation pour les jeunes palmiers et jusqu'à 10 g/l pour les pieds adultes, qui sera accompagnée par une diminution de production. *Phoenix dactylifera* peut supporter des sécheresses prolongées de plusieurs années, mais la croissance et la production seront réduites (Sedra, 2003).

Nous signalons que la majorité des agriculteurs arrêtent l'irrigation durant le mois de Ghoucht (entre la mi-août et la mi-septembre) et que le coût d'une heure d'irrigation, provenant d'un forage collectif, est d'environ 250 à 350 DA. Le coût annuel de l'eau d'irrigation, provenant de forages collectifs, varie entre 25000 et 45000 DA ; alors qu'il était entre 2000-4000 DA pour l'eau du barrage, à Sidi Okba.

Il faut signaler ici, que la plupart des phœniciculteurs (56 %) n'utilisaient pas l'électricité au niveau de leurs jardins ; alors que la partie restante, l'utilise pour alimenter les forages (les pompes d'eau). Néanmoins, quelques agriculteurs l'utilisent au niveau de leurs ménages, situés à l'intérieur des palmeraies, et pour faire fonctionner des machines ou des instruments agricoles, tels que les tondeuses d'herbes.

4.2. Drainage

Nous avons enregistré l'absence du réseau de drainage dans la quasi-totalité des jardins (95 %) ; alors qu'il est défectueux dans 50 % dans le reste des jardins, parce que l'entretien des drains est occasionnel ou inexistant.

Selon Rechachi (2017), le sol d'une profondeur de 1 m est sableux ; cette structure du sol joue un rôle du drainage naturel à Sidi Okba. Par contre, le phénomène de la remontée de la nappe a commencé à se propager dans les palmeraies de Tolga, c'est la conséquence de l'amplification de la superficie agricole accompagné par l'accroissement du nombre de forages illicites ; cette situation nécessite la création de nouveaux réseaux du drainage et la réhabilitation de l'existant, ainsi que l'application massive de l'irrigation localisée.

4.3. Fertilisation

Dans notre panel, nous avons constaté que 69 % des agriculteurs réalisent la fertilisation fréquemment, c'est-à-dire chaque année ; où 36 % recourent à l'utilisation des engrais minéraux (l'azote et le NPK) et 46 % utilisent les engrais minéraux et organiques en même temps.

L'amendement organique, appliqué par les enquêtés, est basée sur le fumier des bovins, des volailles, des caprin, des ovins et des équins. Selon Toutain et al (1974), le rendement en dattes accroît proportionnellement avec les doses d'apports de la fumure ; ces apports d'éléments fertilisants réduisent le phénomène d'alternance de production. La quasi-totalité des agriculteurs enquêtés (90 %) réfugient à l'achat des fertilisants organiques. L'addition de la matière organique est programmée juste après la récolte des régimes de dattes (novembre et décembre), afin d'accélérer la reprise de l'activité végétative ; Sedra (2003) conseille d'épandre 5 à 240 kg de fumier par pied sur la surface autour du palmier (rayon de 1 à 2 m), en fonction de l'âge de l'arbre.

En général, les phœniculteurs des deux régions ciblées par cette étude utilisent 1-3 kg d'azote et entre 200 g et 1 kg de NPK pour chaque palmier ; ces quantités sont éminentes par rapport à ce qu'a rapporté Toutain et al (1974), qui ont recommandé pour chaque hectare du palmier dattier : 72-76 kg d'azote, environ 11 kg d'acide phosphorique et 32-87 kg de potasse. Toutefois, elles sont inférieures aux recommandations de Sedra (2003), qui préconise pour chaque palmier dattier : 0,1-3 kg de d'azote, 0,1-3 kg de phosphore et 0,3-6 kg de potasse.

Les phœniculteurs contactés réalisent la fertilisation azotée durant la période de ralentissement de l'activité végétative (novembre et décembre) et le NPK est ajouté lors de la fructification (stade Loulou), généralement en fin d'avril et au mois du mai. Ils utilisent l'azote, au moment de repos végétatif de palmier dattier, pour repousser le développement végétatif ; alors que le NPK est pratiqué pour augmenter le calibre des dattes.

4.4. Pollinisation

La sortie des spathe et leur ouverture sont influencées par les conditions de température de l'air. Une alternance du froid et de la chaleur qui surgit pendant la période de fructification, pourrait être néfaste sur la régularité de la réceptivité florale et de la taille des spathe (Sedra, 2003).

Dans la région de la présente étude, la pollinisation est pratiquée dans l'ensemble des jardins phœnicoles, où les agriculteurs pollinies la majorité des palmiers femelles, en

pratiquant les méthodes traditionnelles. Selon Sedra (2003), la pollinisation manuelle est effectuée durant la période mars-avril-mai ; néanmoins, la majorité (57 %) des enquêtés a déclaré que la période de la pratique de cette opération s'est avancée dans le temps, et ce, depuis le début des années 2000, ceci est dû à l'avancement des dates d'apparition et de l'ouverture des spathes. Mais, cet avancement temporel est plus remarquable chez les Dokkar, par rapport aux spathes femelles, provoquant ainsi un décalage sensible, qui peut dépasser un mois. Pour faire face à cette situation, des phœniciculteurs conservent les spathes mâles dans des frigos, afin de garantir la disponibilité du pollen au moment opportun.

Le coût de la main d'œuvre spécialisés varie selon l'opération et selon la région, il est estimé généralement à :

- 300-600 DA pour la pollinisation d'un palmier ; cette somme englobe, aussi, les opérations d'Ettejman (limitation du sommet de branchettes des futurs régimes) et d'Ettegbab (coupeur des branchettes de cœur de spathes -centre du régime du palmier dattier-),
- 200-500 DA pour Ettoujah ou Ettaadal d'un palmier (le positionnement des régimes de dattes),
- 200-500 DA pour Errbit d'un palmier (attachement des régimes aux palmes),
- 500 DA pour l'ensachage des régimes d'un palmier,
- 4000-6000 DA par journée de récolte, où les ouvriers montaient entre 25 et 30 palmiers par jour. Il faut signaler que la récolte de toute la production d'un palmier nécessite 2-4 montées.

Les différentes tâches peuvent être évaluées par heure (300-500 DA) ou par journée (2000 DA) du travail ; généralement, le travail est seulement durant la matinée.

5. Situation de la phœniciculture

Selon 69 % des personnes enquêtées, la situation à l'intérieur des palmeraies s'est améliorée durant ce millénaire, où, seulement, 26 % ont déclaré que les maladies du palmier dattier et des dattes se sont multipliées ; par contre, 67 % d'entre eux ont exprimés que le nombre de prédateurs et des ravageurs s'est amoindri et 55 % ont affirmés que l'apparition des mauvaises herbes et des plantes adventices a diminué.

Les principales maladies enregistrées dans les palmeraies des Ziban sont :

- El-Khamaj (*Mauginiella scaetiae*), une maladie qui touche, beaucoup plus, les spathes.
- El-Balaa ou maladie du cœur, causée par un champignon (*Phytophthora sp*).

Pour les déprédateurs et les ravageurs, nous signalons particulièrement le Boufaroua (*Oligonychus afrasiaticus*), qui représente le grand danger sur la production dattière dans la région. Également, nous avons enregistré la présence de :

- La cochenille blanche (*Parlatoria blanchardi*).
- Bougassassa ou le foreur de palmes (*Apate monachus*).

- La pyrale de la datte (*Apomyelois* = *Ectomyelois ceratoniae* Zeller).
- La cétoine (*Oxythyrea funesta*), qui provoque le phénomène d'affaîssement des palmes, appelé localement Ettedrak.
- Les fourmis.
- Les étourneaux, qui menaçaient, durant le siècle précédent, la production des dattes au moment de la maturité ; or actuellement, le risque provoqué par les essaims de cette espèce et par les moineaux domestiques est presque nul.

Concernant les mauvaises herbes et les plantes adventices, nous citons entre autres :

- Eddis (*Imperata cylindrica*).
- Elhamra (*Chloris barbata*).
- Enjem ou chiendent (*Cynodon dactylon*).
- El-Guetf (*Atriplex halimus*).
- El-Guennouda (*Bassia scoporia*).
- Essammar (*Juncus arabica*).
- Essouid (*Suaeda sp.*).
- G'sab ou le roseau (*Phragmites sp.*).

Aussi, il y a le phénomène de déformation du palmier, appelé localement « El-janne », conséquence de troubles physiologiques ; il est rarement observé.

6. Biodiversité variétale

Cramer et al (2019) estiment que les oasis sont impactées par le changement climatique actuel, malgré leur potentiel à tolérer les différents stress abiotiques que l'on trouve en milieu aride. Les changements environnementaux sont exacerbés par la surexploitation des oasis et les fortes pressions anthropiques, ce qui affecte la croissance et le développement des palmiers dattiers ; chose qui influe négativement sur la biodiversité variétale de cet espèce. Néanmoins, la plupart des agriculteurs (64 %), de Sidi Okba et de Tolga, n'ont pas observé un changement de la biodiversité variétale du palmier dattier durant les trente dernières années. Cependant, ils ont déclaré la disparition de quelques variétés, généralement des Dgoul (issus de noyaux) sans valeur commerciale, mais aussi des variétés connues comme : El-Hourraya, Ettouri, In Fas, Lahloua ; alors que d'autres ont déclaré la plantation de nouvelles variétés dans leurs jardins, mais à valeurs marchande, tels que Arehti, Degla Beidha, El-Ghettar, Ghars, Litima, Mech Degla. Atia (2014), explique que cette érosion génétique peut menacer l'équilibre oasien ; cette régression importante de la biodiversité variétale du palmier dattier est causée par des contraintes économiques, socioculturelles, agronomiques, techniques, naturelles, etc.

Selon les propos des enquêtés, lors de la plantation et/ou du rajeunissement des exploitations, ils choisissent les variétés commercialisables ; les rejets de la Deglet Nour sont les principaux nouveaux plants. D'après Faci (2019), la majorité des agriculteurs ne donnent aucune importance à la biodiversité variétale du palmier dattier, ils s'intéressent à la rentabilité de leurs exploitations agricoles. Les phœniculteurs contactés, ont déclarés que les

conditions climatiques n'ont aucun impact sur le choix des variétés plantées. Cependant, durant les dix dernières années, la plantation des rejets du Dokkar a pris, de plus en plus, d'envergure ; suite à l'indisponibilité ou l'insuffisance du pollen au moment de pollinisation. Ceci est dû, principalement, à la multiplication de nombre du palmier dattier en Algérie (MADRP, 2018) et au décalage temporel de l'apparition et de l'ouverture des spathes mâles et femelles, conséquence du changement climatique (Lakhdari et al, 2016).

7. Production des dattes

7.1. Quantité des dattes

Près de la moitié (49 %) des agriculteurs contactés ont déclaré que les rendements de dattes par palmier ont augmenté, par rapport aux années 1970 ; par contre, 38 % jugent que la production par pied a chuté à Sidi Okba et à Tolga.

Selon les données de la Direction des services agricoles de la wilaya de Biskra (DSA-Biskra, 2021), le rendement par palmier n'a pas cessé de s'accroître pendant les quinze dernières années (2006-2020) ; le rendement a passé, à Sidi Okba, de 74,97 à 107,12 kg pour la production moyenne des dattes et de 78,52 à 100,05 kg pour la variété Deglet Nour. Cet accroissement est plus important dans les palmeraies de la commune de Tolga, où il a presque multiplié, allant de 64,49 à 110,65 kg/pied pour le rendement de toutes les variétés confondues et de 82,14 à 154,98 kg pour la fameuse Deglet Nour, variété distinctive de cette région.

Cette hausse productivité du palmier dattier est la conséquence de : i) l'intérêt accordé par les pouvoirs publics à cette filière agricole, à travers les subventions et les encouragements présentés dans le cadre du PNDA et les aménagements réalisés par la Générale des concessions agricoles (GCA), depuis l'année 2000 (Benzouche et Chehat, 2010 ; Rechachi, 2017). ii) le recours à l'application des techniques culturales et l'utilisation des engrais (Gounni, 2012). iii) l'augmentation du chiffre des exportations de dattes, représenté principalement par la Deglet Nour (APS, 2021a), situation qui a encouragée les agriculteurs à mieux s'occuper de leurs jardins phœnicicoles et, iv) cet intérêt à atteint son ampleur après l'obtention du label d'IGP par la Deglet Nour de Tolga (Amrani, 2018 ; Fedala et al, 2020).

7.2. Qualité des dattes

Généralement, les dattes Deglet Nour sont charnues, peu fibreuses, claires et légèrement ridées au moment de la maturation. Selon Chouicha et al (2010), les critères de texture, couleur, flaveur et humidité sont adoptés par la majorité des auteurs comme paramètres d'évaluation de la qualité des dattes. Deglet Nour produit des fruits demi-molles, qui ont une teneur en eau de l'ordre de 20 à 30 % avec une forte teneur en saccharose (saccharose dominant) ; alors que les rapports des poids pulpe/noyau, souvent pris en considération pour parler de qualité commerciale, indiquent qu'il est de 10,5 (Reynes, 1997).

Il convient de noter que l'état de maturation de la datte représente la donnée de référence pour une meilleure connaissance des critères de bonne qualité, cette connaissance étant la

donnée de base à considérer lors des traitements post-récolte de la datte. La majorité des enquêtés (56 %) voient que la qualité des dattes de Deglet Nour, du point de vue calibre et tendreté, a connue une dégradation durant les dernières années. Ils affirment que les fruits ont perdus leur brillance et la couleur a devenue sombre. D'après Belarbi (2000), l'amélioration de la qualité de la datte Deglet Nour est un impératif dicté par les normes de plus en plus sévères des pays importateurs.

La variété Deglet Nour est un fruit climatique à maturation échelonnée sur le même régime de telle sorte qu'à la récolte on aura des dattes mûres et d'autres immatures (Chouicha et al, 2010) ; les phœniciculteurs contactés à Sidi Okba et à Tolga, ont déclarés que les régimes des dattes de Deglet Nour se conservaient, à l'intérieur des maisons et des magasins, jusqu'au début du printemps (fin mars), sans perte de qualité ni du goût. Par contre, ces dernières années, les dattes changeaient de couleur et se séchaient après trois à quatre semaines de la date de récolte.

Les enquêtés pensent que cette dégradation est, essentiellement, la conséquence de : i) détérioration de la qualité de l'eau d'irrigation, ii) l'utilisation irrationnelle des engrais minéraux et, iii) les fortes températures estivales, surtout quant elles sont accompagnées de siroccos et/ou du manque de l'eau d'irrigation.

7.3. Goût des dattes

Les dattes sont des aliments naturels particulièrement riches en glucides et en métabolites secondaires biologiquement actifs ; les fruits de la Deglet Nour ont une qualité nutritionnelle unique et sont appréciés à travers le monde (Tajini et al, 2020). Cette variété moelleuse, a un goût sucré du miel.

Le goût et la flaveur des dattes Deglet Nour sont liées à divers facteurs, plus particulièrement l'origine géographique, la maturité et la période de la récolte (Chouicha et al, 2010 ; Tajini et al, 2020). Selon 59 % des phœniciculteurs enquêtés, le goût des dattes de Deglet Nour s'est dégradé, alors que 33 % ne sentaient aucun changement. D'après les mêmes agriculteurs, le recours massif à l'utilisation des engrais minéraux et l'eau salée utilisée en irrigation, ont conduit à la détérioration du goût et de la flaveur des dattes de la région.

8. Perceptions des phœniciculteurs concernant le changement du climat

Selon Cramer et al (2019), les changements climatiques s'intensifient et exacerbent les problèmes environnementaux dans la plupart des domaines d'impact ; comme l'eau, les écosystèmes, la nourriture, la santé et la sécurité. Le changement climatique a déjà des effets en Algérie ; ses modifications, tels que la hausse des températures moyennes, la baisse des précipitations, les vents et autres phénomènes ont un impact sur les services écosystémiques (BNEDER, 2018).

Les agriculteurs de la région d'étude s'accordent que, durant les dernières années, le climat a devenu plus rude et l'enregistrement des événements météorologiques extrêmes est plus fréquent (Annexe 3).

Dans notre région, les températures annuelles moyennes sont supérieures de 1,5 °C des moyennes enregistrées avant la révolution industrielle (1880-1899) ; d'après Cramer et al (2019), elles sont supérieures aux tendances mondiales en matière de réchauffement climatique (1,1 °C). La majorité des phœniciculteurs enquêtés à Sidi Okba et à Tolga (79 %), ont exprimés la sensation de cette évolution, et ce, durant les trente dernières années. La tendance à la hausse des températures de l'air, en été, accroît la possibilité de déclenchement des feux au niveau des palmeraies, surtout que Biskra est classé par le BNEDER (2018) comme région vulnérable et menacée par ce risque.

La principale source d'eau douce en Afrique du Nord reste les aquifères ; cette ressource est menacée au Sahara, les systèmes d'oasis qui en dépendent se retrouvent ainsi dans une situation de grande vulnérabilité (Cramer et al, 2019). Selon Safar-Zitoun (2018), la région des Ziban est exposée à une variation interannuelle et saisonnière de la pluviosité ; elle enregistre de longues périodes sans précipitations. La quasi-totalité de nos enquêtés (95 %) a déclaré que les précipitations se sont diminuées au niveau des communes de Sidi Okba et de Tolga. Néanmoins, cette réduction n'a pas eu d'influences négatives sur la production dattière, parce qu'ils irriguent les palmeraies par les eaux proviennantes de forages et, dans une minorité de jardins, à partir de puits ; c.-à-d. ils se basent sur les réservoirs sous-terrain pour l'irrigation de palmier dattier.

Cramer et al (2019), dévoilent que la fréquence et l'intensité des sécheresses se sont sensiblement augmenté en Algérie ; ce constat est le même chez 92 % des phœniciculteurs approchés lors de la réalisation des enquêtes de terrain. Au futur, ce phénomène climatique peut influencer négativement la production des dattes à Biskra ; sachant que le BNEDER (2018) considère que la région est potentiellement exposée aux sécheresses et aux stress hydriques.

En général, l'humidité relative de l'air à Biskra variée entre 25 et 68 % ; elle atteint son maximum en hiver (Faci et al, 2020). L'humidité à l'intérieur des palmeraies est plus élevée par rapport à leurs extérieurs, d'où la sensation de fraîcheur. Selon les personnes contactées à Sidi Okba et à Tolga, ils estiment que l'humidité a connue une tendance à la baisse (54 %) ; par contre, 20 % d'entre eux n'avaient pas senti de changements. Les agriculteurs de Tolga qui considèrent que l'humidité a augmentée, lient cet accroissement aux effets de la construction du barrage de la fontaine des gazelles, construit en 2001 sur l'oued El-Hai (d'une capacité de 55,5 millions de m³) ; bien qu'il est situé à 50 km au Nord-Est de la palmeraie de Tolga. D'après les enquêtés, l'humidité est néfaste pour la production de dattes ; quant elle est élevée, elle présente un milieu favorable pour la propagation des maladies et des ravageurs du dattier, comme le Boufaroua. Alors que dans le cas d'une baisse au moment de la maturité, elle provoque le dessèchement des fruits.

9. Variation des stades phénologiques du palmier dattier

Selon Sedra (2003), le développement des inflorescences du palmier dattier commence en mois de janvier, alors que l'ouverture des spathe se poursuit jusqu'à la fin du mois d'avril. Nous avons enregistré le même constat dans la région des Ziban ; toutefois, 62 % des

phœniciculteurs enquêtés à Sidi Okba et à Tolga jugent que, durant les trente dernières années, la date de l'apparition des spathes mâles s'est avancée, contre 33 % qui ont affirmé que la période de floraison n'a pas changé. De même pour l'apparition des spathes femelles, où 54 % en déclarés un avancement dans le temps ; en contrepartie, 36 % n'ont observé aucun décalage. Pareillement pour l'ouverture des spathes, dont la majorité a annoncé un progrès temporel, pour les mâles (59 %) et pour les femelles (56 %), tandis que 36 % jugeaient l'inexistence d'un décalage.

D'après Faci et Benziouche (2021), l'avancement temporel de l'apparition et de l'ouverture des spathes du palmier dattier est dû, essentiellement, à l'augmentation des températures de l'air enregistrées en mois de décembre et de janvier ; cette élévation a influencé, aussi, sur les dates de la pollinisation. Les enquêtés, qui appliquent toujours la pollinisation manuelle, ont déclarés majoritairement (57 %) que cette opération a progressé temporellement, alors que 33 % n'ont observé aucun avancement. De sa part, Atia (2014) indique que la pollinisation se poursuit jusqu'au début du mois de mai.

Généralement, la maturité des dattes commence en mois de juillet (Sedra, 2003) ; néanmoins, selon les phœniciculteurs enquêtés, le début de la maturité des dattes de Deglet Nour s'est avancé (72 % pour et 26 % contre) à Sidi Okba et à Tolga. Ceci a eu un impact sur les dates de récolte, qui commencent actuellement en mois de septembre et se terminent en mois de novembre, pour la fameuse Deglet Nour ; alors qu'elles s'étalaient jusqu'au début de la saison froide (décembre), durant les années soixante et soixante-dix du XX^e siècle.

Aux années 1960 et 1970, les phœniciculteurs montaient les palmiers, une à trois fois, pour coupé les régimes de dattes ; alors que ces dernières années, la fréquence est entre trois à quatre montées. Cette hausse est liée à l'hétérogénéité de la maturité et à la sécheresse rapide des fruits, situation qui oblige les grimpeurs à récolter les régimes qui contiennent des dattes mûres.

10. Impacts du climat sur les dattes

Les dattes sont des fruits exigeants climatiquement (Chouicha et al, 2010) ; tout au long du cycle de développement, elles requièrent des températures élevées et des basses taux d'hygrométrie. En plus de ces deux paramètres, lors du début de maturation, les fruits exigent de faibles quantités de précipitations et la disponibilité d'eau d'irrigation.

L'insuffisance en eau d'irrigation a un effet négatif sur le développement du fruit, en réduisant la taille et en provoquant un dessèchement de l'extrémité du fruit ; et parfois ce manque d'eau entraîne la chute des dattes (Sedra, 2003).

A l'époque de la floraison, une forte humidité favorise les attaques cryptogamiques provoquant la pourriture des inflorescences et gêne la pollinisation en déclenchant la germination du pollen (Ben Abdallah, 1990). Les taux élevés de l'humidité relative de l'air, lors de la période de maturation, incitent la pourriture (Khamaj) et/ou l'acidité des dattes, le dégagement d'odeurs désagréables et même le décollage de l'épiderme externe des fruits. Par contre, l'enregistrement de faibles pourcentages d'hygrométrie peut dessécher les fruits.

Les précipitations qui coïncident avec la période de l'ouverture des spathes peuvent avorter les inflorescences et/ou pourrir les spathes, ceci, selon Ben Abdallah (1990), peut limiter la nouaison. Aussi, nous avons constaté que les pluies d'automne produisent des points noirs sur les dattes et/ou la pourriture des fruits. En outre, l'air est devenu pollué, chose qui répercute sur la qualité des eaux de précipitations.

De ce fait, il est nécessaire de protéger les dattes contre les pluies et les fortes humidités, qui peuvent surgir durant la période de maturation des fruits ; entre septembre et novembre (Sedra, 2003). D'autre part, les pluies sont préjudiciables par l'élévation de l'humidité relative de l'air ainsi que par l'abaissement de la température moyenne journalière lors de la maturité des dattes (Ben Abdallah, 1990).

De leur part, les baisses températures retardent et ralentissent l'apparition et l'éclatement des spathes, chose qui incite le report de la période de pollinisation des spathes femelle (quelques fois jusqu'au mois du mai), d'où le retardement de la maturité des fruits. L'ajournement de la pollinisation provoque, aussi, la chute des inflorescences et génère des fruits parthénocarpiques, qui vont chuter par la suite ou les dattes ne se développent pas (petit calibre). Selon Toutain (1967), les coups de chaleur anormaux provoquent une sortie hâtive des régimes, pouvant avoir de fâcheuses répercussions sur la fécondation.

Le palmier dattier peut résister les baisses températures, jusqu'à -9 °C (Sedra, 2003). Néanmoins, le gelé des mois de décembre et de janvier, retarde l'apparition et l'ouverture des spathes ; alors que s'il coïncide avec la période d'ouverture, il peut inciter la pourriture. Celui de novembre retarde la maturité, rétrécisse et brunisse la couleur des dattes tardives.

Selon les informations collectées auprès des phœniciculteurs de Sidi Okba et de Tolga, à traves des questions ouvertes, les fortes températures provoquent : i) le dessèchement et le changement de la forme des dattes, ii) le brunissement des fruits, iii) la perte du poids, iv) la pré-maturation des dattes (Photo 8) et, v) l'accélération de l'activité du Boufaroua.



Photo 8 : Décalage de la maturité des fruits sur le même régime de dattes dans la palmeraie de Sidi Okba. (Originale, 2021)

Oligonychus Afrasiaticus. Mc Gregor, est le nom latin du Boufaroua ; alors que ce dernier terme est une appellation locale, utilisée dans les pays de Maghreb. Cet acarien produit une enveloppe des toiles soyeuses blanches ou grisâtres, créent ainsi un réseau qui relie les dattes entre elles, ainsi que les pédoncules ; ce problème s'aggrave par le sable et/ou la poussière qui restent attachés au fruit, rendant les dattes immangeables (Bounaga, 1990 ; Sedra, 2003).

Selon Sedra (2003), le Boufaroua se développe dans les régions phœnicicoles qui souffrent de la sécheresse et de l'insuffisance d'eau d'irrigation, aussi, lorsque les plantations de palmiers sont denses, engendrant une insuffisance d'aération des arbres. Ainsi, l'humidité relative de l'air très faible (65-75 %) et la température moyenne (20-25 °C) déterminent les conditions climatiques favorables au développement de cette acariose. De ce fait, la lutte contre cet acarien est nécessaire durant la période juin-août.

11. Corrélation entre les paramètres climatiques et la phœniciculture

L'analyse en composantes principales des données de l'enquête de terrain, avec les 39 phœniciculteurs, nous a permis de ressortir la corrélation entre les paramètres climatiques et la situation de la phœniciculture, les stades phénologiques et la production des dattes dans la région des Ziban, à travers les deux plus grandes palmeraies de la wilaya (Sidi Okba et Tolga). De ce fait, nous avons étudié 19 variables, avaient le plus d'influence sur la relation entre le climat et la phœniciculture ; les variables ont été transformées en 57 modalités.

Les résultats obtenus par l'ACP ressortent une faible redondance, où la représentation graphique des individus et des variables sur les axes factoriels est dispersée. L'indicateur de contribution relative à l'inertie expliqué par les deux axes factoriels 1 et 2 représente seulement 44,60 % de l'inertie totale du nuage de points (Fig. 24) ; il est plus faible pour les autres axes factoriels, entre 6,82 et 11,77 %.

Ainsi énuméré, nous nous sommes limités aux résultats de la matrice de corrélation entre les variables (Tableau 12), où nous avons déterminé les éléments climatiques qui ont le plus d'influence sur la phœniciculture dans les palmeraies de Sidi Okba et de Tolga, ces facteurs sont principalement :

- **la température de l'air**, qui a une corrélation positive avec toutes les variables ; le rapport est plus élevé avec les dates du début de maturité des dattes et de la récolte (0,791), les quantités de dattes produites (0,736), la situation à l'intérieur des exploitations phœnicicoles (0,709) et l'apparition des prédateurs et des ravageurs (0,706). Ceci, veut dire que la température de l'air influe directement sur le palmier dattier et sur son environnement ; selon Sedra (2003), la température est parmi les principaux facteurs qui déterminent le développement végétatif du palmier dattier, ainsi que la production dattière, surtout du point de vue qualitatif.
- **l'humidité relative de l'air**, est corrélée avec tous les variables étudiées ; cependant, la relation est plus forte avec l'apparition des maladies (0,932), la qualité des dattes (0,872) et l'apparition des mauvaises herbes (0,805). De ce fait, les hauts taux d'humidité favorisent la propagation des ennemis et concurrents du palmier dattier et détériorent la qualité des dattes. Sedra (2003) a indiqué que le palmier dattier exige

des baisses taux d'humidité relative, depuis la pollinisation jusqu'à la récolte (5 à 7 mois) ; d'après Faci et al (2020), l'hygrométrie dans la région des Ziban est inférieure à 50 % durant la période février-octobre, coïncidant avec l'activité végétative du palmier dattier.

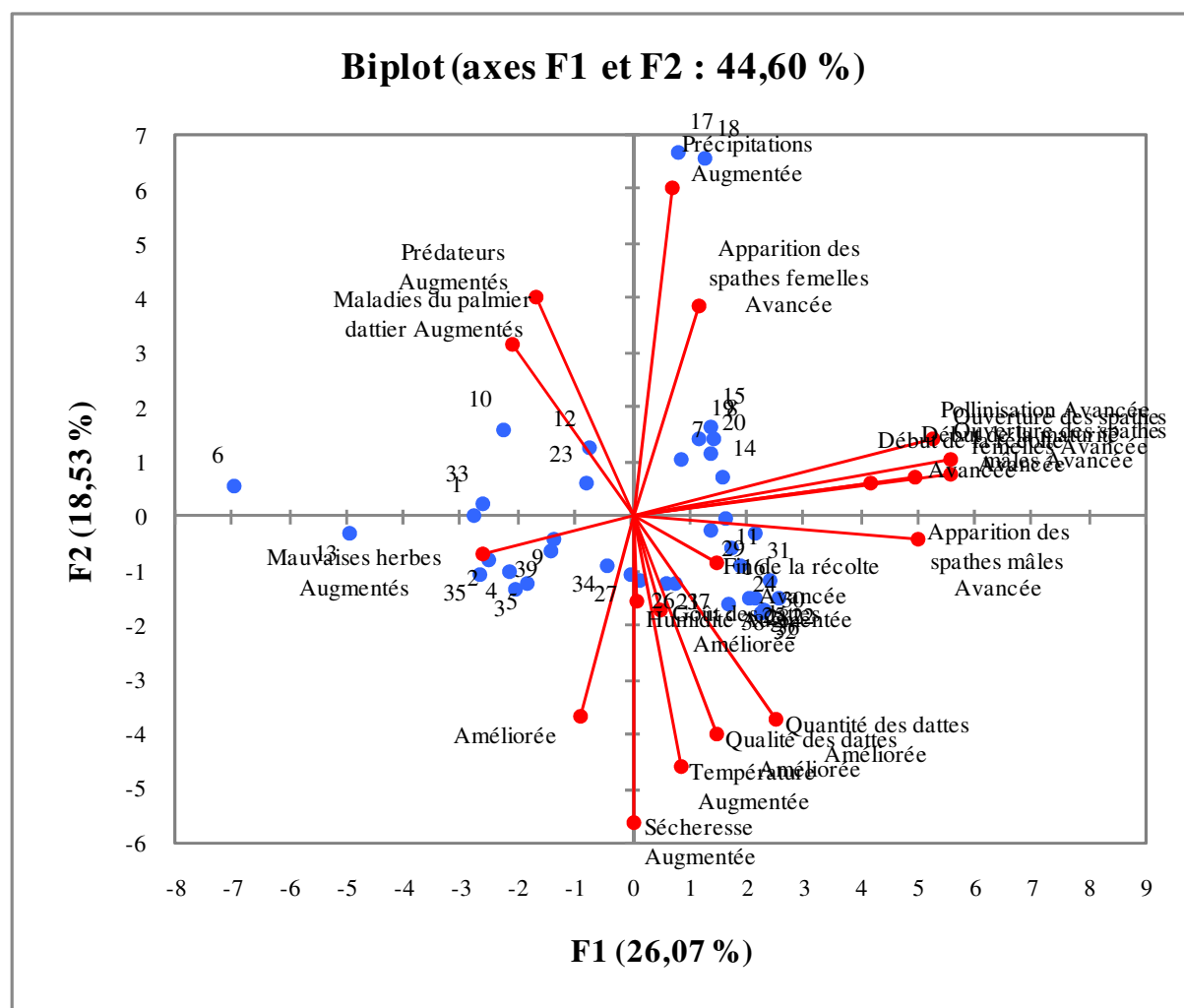


Figure 24 : Résultats de l'analyse en composantes principales (Projection des individus et des modalités sur le plan factoriel 1 et 2). (Auteur, 2021)

Tableau 12 : Matrice de corrélation de l'analyse en composantes principales (ACP).

	Température	Humidité	Précipitations	Sécheresse
Situation de la phœniciculture	,709	,707	,349	,433
Maladies de palmier dattier	,628	,932	,309	,384
Prédateurs et ravageurs	,706	,784	,348	,432
Mauvaises herbes	,645	,805	,498	,618
Quantité de dattes	,736	,775	,453	,562
Qualité de dattes	,674	,872	,432	,536
Gout de dattes	,599	,742	,295	,366
Apparition des spathes mâles	,650	,708	,320	,397
Apparition des spathes femelles	,599	,718	,295	,366

Ouverture des spathes mâles	,615	,702	,302	,375
Ouverture des spathes femelles	,607	,709	,299	,371
Pollinisation	,633	,723	,311	,387
Début de la maturité	,791	,741	,389	,484
Début de la récolte	,791	,741	,389	,484
Fin de la récolte	,791	,741	,389	,484

(Auteur, 2021)

Par contre, nous avons enregistré une faible corrélation entre la sécheresse et les différentes variables, sauf avec l'apparition des mauvaises herbes (0,618) et la quantité et la qualité de dattes (0,562 et 0,536 respectivement). Alors que les taux sont faibles avec les précipitations, où la corrélation la plus élevée est enregistrée avec l'apparition des mauvaises herbes (0,498) ; pourtant, plusieurs auteurs (Pereau-Leroy, 1955 ; Furr et Ream, 1970 ; Enaimi et Jafar, 1980 ; Sedra, 2003) s'accordent que les précipitations, en quantité et en intensité, ont une influence directe sur la pollinisation, la nouaison et la production de datte.

Les phœniciculteurs enquêtés, jugeaient que ces quatre paramètres, à savoir : la température de l'air, l'humidité relative de l'air, les précipitations et les sécheresses, sont les seuls qui influencent sur le développement et la production du palmier dattier. Cependant, il existe d'autres facteurs météorologiques qui agissent sur la production dattière ; nous citons, entre autres, le vent. Selon Ben Abdallah (1990), le vent léger favorise la pollinisation, par contre le vent violent gêne la fécondation et fait perdre une quantité plus ou moins importante de pollen, surtout sur les palmiers exposés en bordure de plantation ; alors que le vent sec dessèche les stigmates, particulièrement durant les derniers jours de la période de floraison.

Chapitre II : Analyse des données climatiques de Biskra

Afin d'étudier les caractéristiques climatiques de Biskra, nous allons analyser les principaux données météorologiques disponibles via des tests et des indices de traitement des séries temporelles ; tels que le test de tendance et les indices de la sécheresse météorologique. Ensuite, nous allons exposer quelques probabilités de l'évolution future du climat dans la région des Ziban.

1. Température de l'air

1.1. Evolution de la température

Selon l'OMM (2021), la décennie 2011-2020 a été la plus chaude jamais constatée, dans le contexte d'une tendance au changement climatique à long terme. Les six années les plus chaudes sont toutes été enregistrées depuis 2015, les années 2016, 2019 et 2020 arrivant en tête du classement. La température moyenne mondiale en 2020 a atteint environ 14,9 °C, soit 1,2 °C ($\pm 0,1$ °C) de plus que sa valeur préindustrielle (période 1850-1900). Depuis les années 1980, chaque décennie est plus chaude que la précédente.

Il ressort en général, de données de température enregistrées à Biskra, pendant 68 années (1951-2019), que janvier est le mois le plus froid de l'année (11,89 °C), alors que juillet est le plus chaud (34,66 °C). Les températures minimales mensuelles varient entre 4,2 °C (janvier 2000) et 30,5 °C (juillet 2018) ; la moyenne des minimas du mois de janvier est 7,02 °C, alors que celle enregistrée en mois de juillet est 27,92 °C. Les extrêmes mensuels maximaux varient entre 14,8 °C (janvier 2006) et 43,5 °C (juillet 2018) ; en général les températures maximales mensuelles les plus bas sont enregistrées en mois de janvier (17,31 °C) et les plus élevées en mois de juillet (40,92 °C).

La représentation graphique des données disponibles, montre une tendance vers la hausse des températures annuelles moyennes (Fig. 25) ; de même, pour les minimales (Fig. 26) et pour les maximales (Fig. 27). Cette tendance est remarquable à partir de la fin des années 1970 pour les températures moyennes et maximales et de début des années 1980 pour les minimas.

L'amplitude thermique est la différence entre la température maximale et la température minimale ($T_{\max} - T_{\min}$) (Bûcher et Dubief, 1995). Cette amplitude a connu une tendance vers la baisse durant les quarante premières années de la série des données. A partir du début des années 1990, la tendance s'est dirigée vers l'augmentation (Fig. 28). L'amplitude thermique annuelle varie entre 10,1 °C et 12,2 °C ; Selon Tibermacine (2016), cet intervalle est la conséquence de l'emplacement, l'altitude, l'environnement immédiat et la nature du ciel de Biskra.

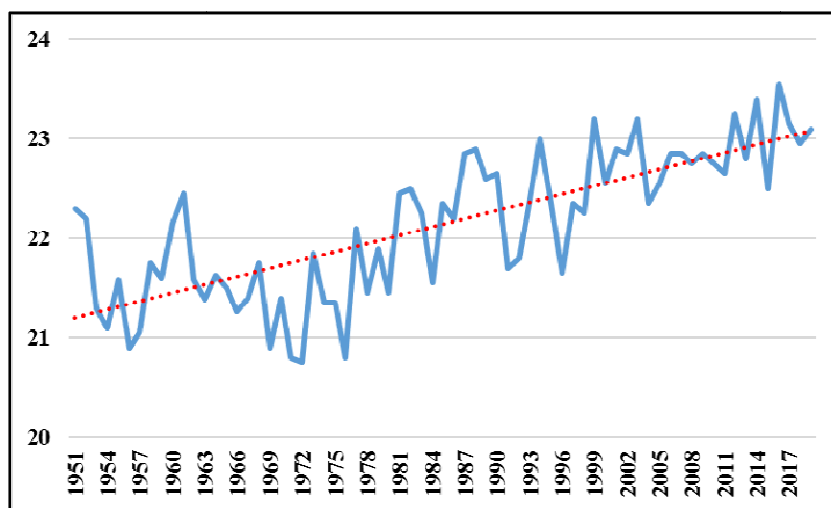


Figure 25 : Evolution de la température moyenne annuelle de l'air à Biskra (°C). (Source : ONM, 2019)

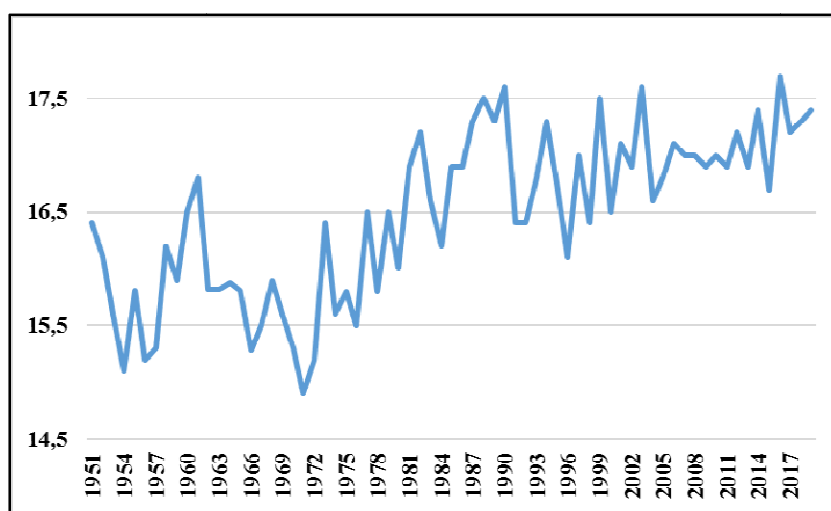


Figure 26 : Evolution de la température minimale annuelle de l'air à Biskra (°C). (Source : ONM, 2019)

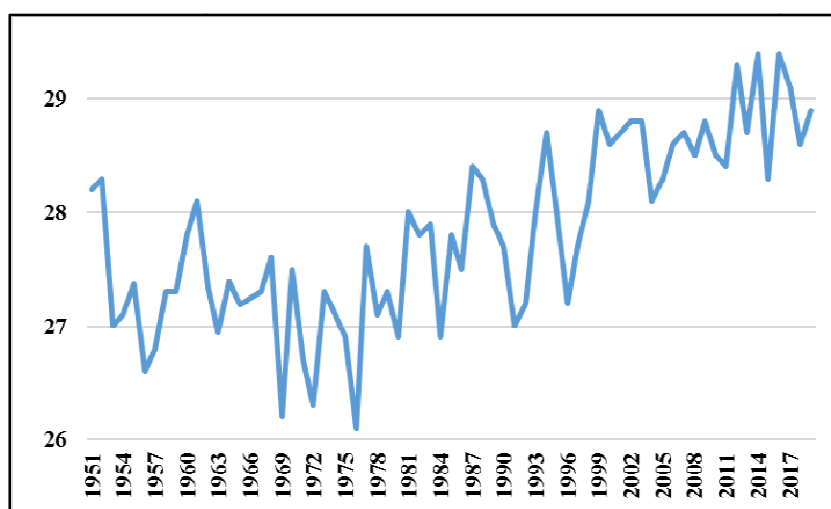


Figure 27 : Evolution de la température maximale annuelle de l'air à Biskra (°C). (Source : ONM, 2019)

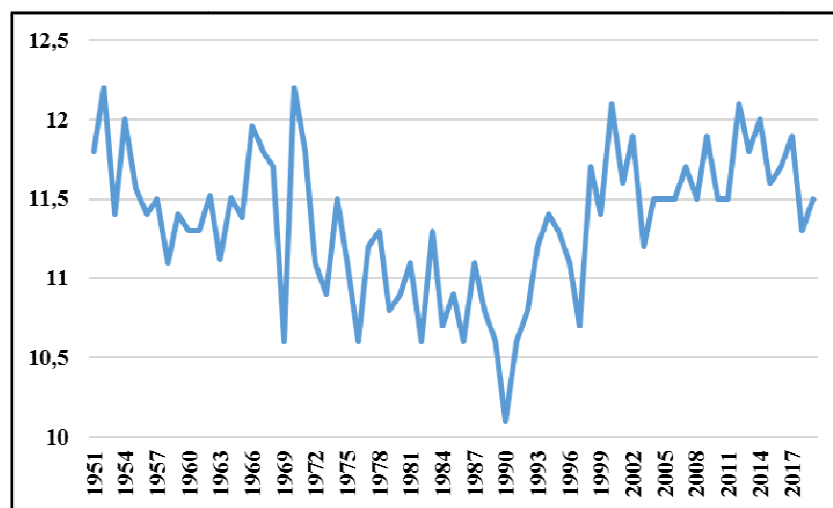


Figure 28 : Evolution de l'amplitude thermique à Biskra (°C). (Auteur, 2021)

1.2. Test de tendance de Mann-Kendall

Les résultats du test de Mann-Kendall sur les températures mensuelles minimales de la région de Biskra, période 1951-2018, montrent une tendance au niveau de 6,30 %. Cette tendance à la hausse a commencé à partir de l'an 1983 (Fig. 29).

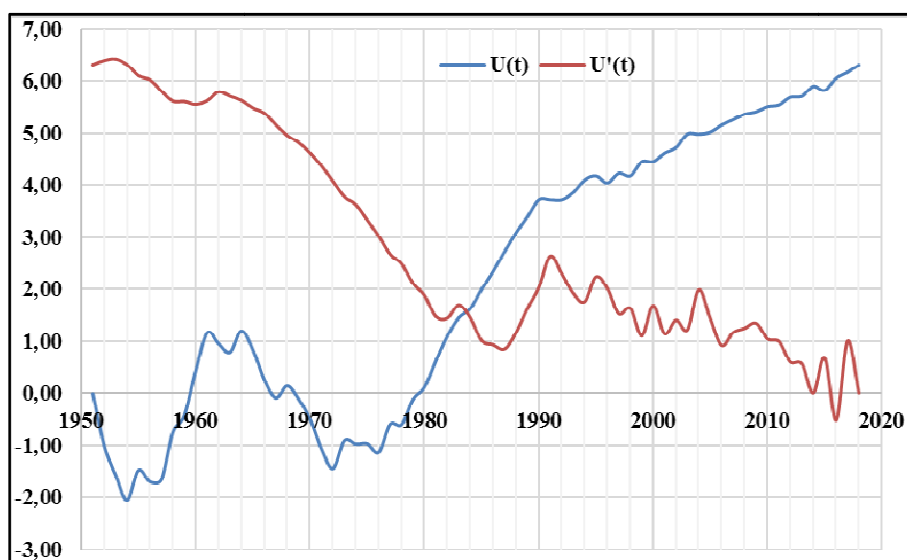


Figure 29 : Test de tendance de Mann-Kendall pour les températures minimales à Biskra. (Auteur, 2021)

A partir de ladite année, la température minimale annuelle de l'air a connu une augmentation de 1,10 °C par rapport à la période 1951-1982 (Tableau 13).

Tableau 13 : Evolution de la température minimale annuelle de l'air à Biskra (°C).

Année de la rupture	Température moyenne annuelle		Différence
	Avant la rupture	Après la rupture	
1983	15,87	16,97	1,10

(Auteur, 2021)

De même, nous avons enregistré une nette augmentation des températures mensuelles maximales, de la période 1951-2018 ; la tendance est de 6,17 %. Le test de Mann-Kendall nous a permis de ressortir que la rupture de la série des températures mensuelles maximales a commencée en 1997 (Fig. 29).

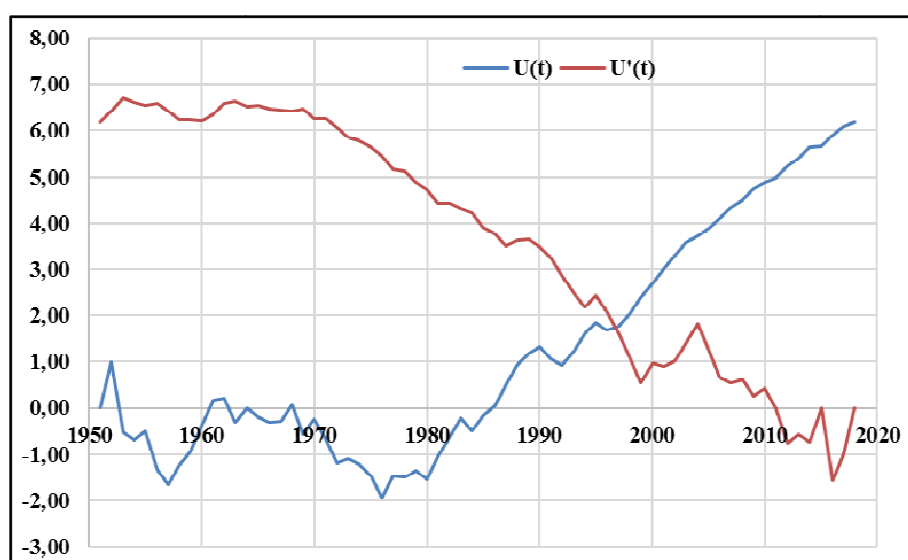


Figure 30 : Test de tendance de Mann-Kendall pour les températures maximales à Biskra.
(Auteur, 2021)

A partir de l'année précitée, la tendance de la température maximale annuelle de l'air a augmentée de 1,31 °C par rapport à la période 1951-1996 (Tableau 14).

Tableau 14 : Evolution de la température maximale annuelle de l'air à Biskra (°C).

Année de la rupture	Température moyenne annuelle		Différence
	Avant la rupture	Après la rupture	
1997	27,38	28,69	1,31

(Auteur, 2021)

En général, la différence entre les températures de l'air de l'ensemble de la période 1951-2019, entre le début et la fin de la série, est d'environ 2 °C. Cette tendance à la hausse des températures de l'air à Biskra va, probablement, persister dans le temps. Selon Saadi et al (2015), les températures moyennes annuelles sur l'Algérie vont augmentées de 1,2-2,1 °C d'ici l'an 2050 ; les mêmes auteurs prévoient une augmentation de 0,76-1,50 °C en hiver, 0,37-1,81 °C au printemps, 1,80-2,80 °C en été et 1,50-2,35 °C en automne.

1.3. Vagues de chaleur

La période allant de début du mois de juin jusqu'à la fin du mois de septembre est la période la plus chaude de l'année à Biskra (Faci, 2018). Cette période correspond aux stades de grossissement et de maturation des dattes (Sedra, 2003).

Les seuils de température dépendent de nombreux facteurs, dont le type du climat et la sensibilité des êtres vivants à la variation de ce paramètre. Toutefois tous les auteurs s'accordent pour dire que c'est une période de très forte chaleur. Certains prennent en considération uniquement la température de la journée, mais la température durant la nuit a également son importance sur le bien-être des personnes, car elle ne permet pas du repos nocturne (Faci et al, 2016).

D'après Faci et al (2018b), pour désigner une journée de forte chaleur nous prenons en compte les températures maximales (Tmax) et les températures minimales (Tmin) de la journée, non pas on les prenant individuellement mais en faisant leur somme, qui est assez représentative de la moyenne journalière de la température, parce que en période estivale, son évolution est proche d'une sinusoïde. Selon les mêmes auteurs, on considère une journée chaude, lorsque la somme des Tmin et des Tmax dépasse un seuil considéré ; le seuil est pris lorsque la somme est supérieure ou égale de 10 °C de la somme moyenne (Tmax moyenne + Tmin moyenne).

$$\text{Seuil (Tmax + Tmin)} \geq \text{Tmax moyenne} + \text{Tmin moyenne} + 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

La moyenne des quatre mois les plus chauds de l'année (juin, juillet, août et septembre), sur les soixante (67) années de la série analysée (1951-2017), est 60 °C. De ce fait, toute journée d'une somme (Tmax + Tmin) égale ou supérieur à 70 °C est considérée 'journée chaude' ou 'journée de forte chaleur'.

Pour la présente analyse, une vague de chaleur est toute séquence de plus de deux journées consécutives de forte chaleur (Faci, 2018 ; Faci et al, 2018a ; Faci et al, 2018b).

1.3.1. Evolution du nombre de journées chaudes

Le nombre de journées de forte chaleur est, depuis quarante années, dans une tendance continue vers la hausse ; il a passé d'une moyenne de 9,83 jours, durant la période 1951-1980, à 25,58 jours par an durant la période 1981-2017 (Fig. 31). Ce nombre s'est élevé à 30 jours, durant la décennie 2001-2010, réparti sur les quatre mois les plus chauds de l'année (juin, juillet, août et septembre).

Par décennie, le nombre de journées chaudes a connu une augmentation significative, surtout durant les vingt (20) dernières années (Tableau 15). Il été aux alentours de 100 durant les trois décennies de la période 1951-1980, pour dépassé le nombre 200 durant les deux décennies de 1981-2000, arrivant à 300 en 2001-2010.

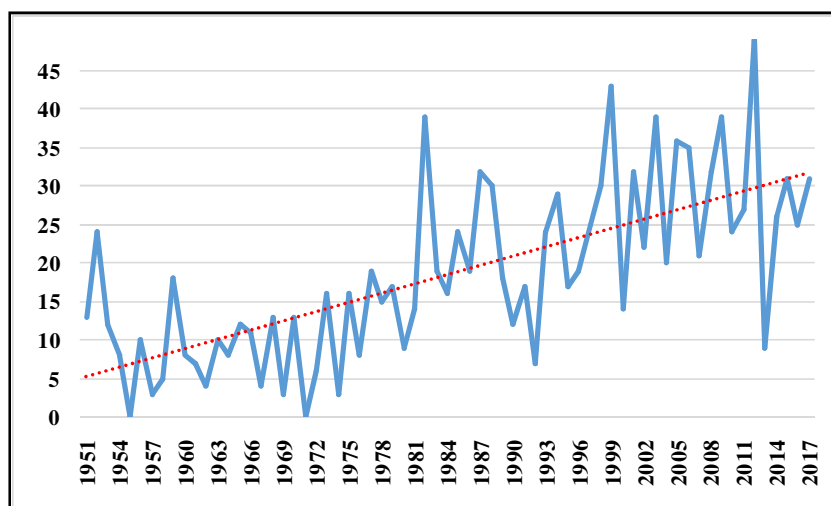


Figure 31 : Evolution du nombre de journées chaudes à Biskra. (Auteur, 2021)

Tableau 15 : Evolution du nombre de journées chaudes par décennie à Biskra.

Période	Nombre
1951-1960	101
1961-1970	85
1971-1980	109
1981-1990	223
1991-2000	225
2001-2010	300
2011-2017	198

(Auteur, 2021)

1.3.2. Evolution du nombre des vagues de chaleur

Jusqu'à la fin des années soixante-dix du siècle précédent, le nombre de vagues de chaleur varie entre zéro (0) et trois (3) vagues par an. A partir du début des années 1980, chaque année est caractérisée par l'enregistrement d'au moins une vague (enregistrée en l'an 1992) ; en général, le nombre varie entre deux et cinq (05) vagues. Alors que l'an 1982 a été marqué par six vagues de chaleur (Fig. 32). La moyenne annuelle de l'apparition des vagues de chaleur s'est grimpée de 1,2 vague par année durant la période 1951-1980 à 3,23 vagues/an durant la deuxième partie de la série de données.

Le Tableau 16, illustre l'évolution par décennie du nombre de vagues de chaleur à Biskra, enregistrées durant la période chaude de l'année, à savoir juin-septembre. Une moyenne d'environ 3,5 vagues de chaleur par année est enregistrée durant la décade 2001-2010, elle s'élève à 3,57 durant les sept (07) dernières années de la série des données.

Nous signalons que la durée des vagues de chaleur a devenue, de plus en plus, longue où nous avons enregistré, en 2012, deux (02) vagues : de 16 jours (27 juillet - 11 août) et de 14 jours (03-16 juillet). En 2015, c'était la plus longue vague de la série : 17 jours consécutifs, de 25 juillet au 10 août. La période d'enregistrement de ces séquences caniculaires, coïncide

avec le stade de maturité des dattes ; qui débute selon Sedra (2003) et Buelguedj (2007), en mois de juillet.

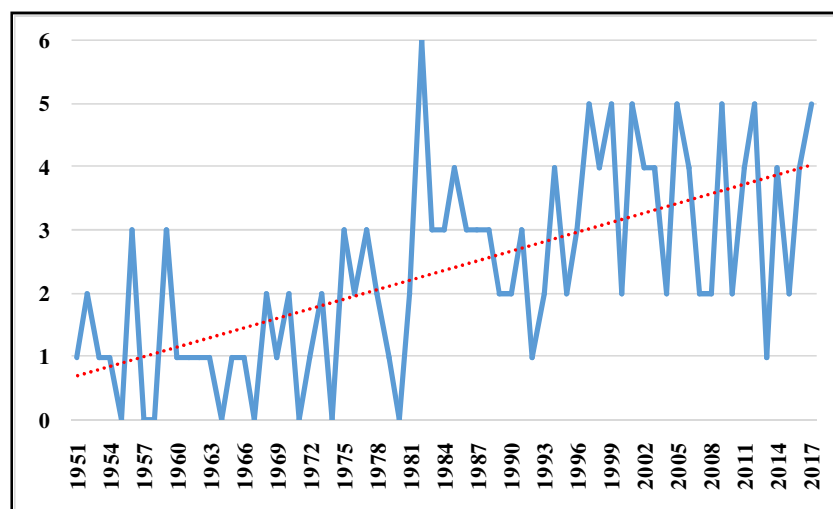


Figure 32 : Evolution du nombre des vagues de chaleur à Biskra. (Auteur, 2021)

Tableau 16 : Evolution du nombre de vagues de chaleur par décennie à Biskra.

Période	Nombre
1951-1960	12
1961-1970	10
1971-1980	10
1981-1990	31
1991-2000	31
2001-2010	35
2011-2017	25

(Auteur, 2021)

2. Précipitations

2.1. Evolution des précipitations

Nous avons pu rassembler une série de précipitations annuelles de 111 années, enregistrée à Biskra ; malheureusement, elle est discontinue. La première partie de cette série regroupe les données annuelles de 58 années (1903-1961, absence des données de 1955), tandis que la deuxième partie est composée de 53 années (1967-2019).

La comparaison entre les cumuls découle une diminution des précipitations durant la période (1967-2019) par rapport à la première période (Fig. 33) ; la moyenne annuelle des totaux de la première période était 144,65 mm, alors qu'elle est de 125,43 mm pour la deuxième période.

Les deux années les plus déficitaires sont 1943 et 1993, avec un cumul annuel de 32 mm seulement. Par contre, l'année 1969 était exceptionnelle, où le cumul annuel des précipitations a dépassé les 561 mm ; les mois de septembre et d'octobre, ont enregistré des

valeurs nulles durant plusieurs années auparavant, mais pendant cette année le maximum a atteint la valeur fantastique de 297,5 mm en septembre et 150 mm en octobre. La probabilité d'observer un total en septembre, supérieur à 300 mm, est presque nulle, sa durée de retour moyenne est de l'ordre de 5000 ans. La station météorologique de Biskra a enregistré par exemple entre le 27 et le 28 septembre 1969 un total de 170 mm en 24 heures, soit une intensité de 7 mm/heure et une intensité maximale de 13,5 mm/heure recueilli en 3 heures (Matari, 2012).

Ces pluies intenses ont causé l'inondation de la ville de Biskra en septembre 1969, provoquant : 26 morts, 44 blessés et 02 disparus. En plus, 6538 familles et 34869 personnes ont été déclarés sinistrés. Les dégâts matériels sont : 107 maisons, 450 compteurs électriques, 69 % des récoltes agricoles et 4800 palmiers (Rezki, 2013).

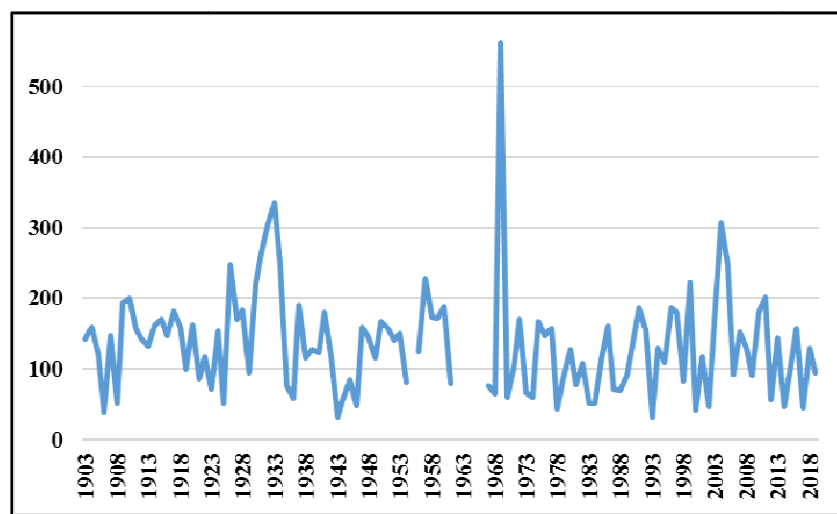


Figure 33 : Evolution du cumul annuel des précipitations à Biskra (en mm). (Source : ONM, 2019)

Les précipitations mensuelles varient entre zéro (0) et 90,7 mm (à l'exception des cumuls enregistré en mois de septembre et octobre 1969) ; en moyenne, avril est le mois le plus pluvieux (15 mm) et juillet est le moins pluvieux (< 1 mm). Ces dernières années, les pluies diluviennes apparaîtraient fréquemment ; où elles ont causé, parfois, des dégâts matériels.

Les cumuls annuels des précipitations sont devenus moins importants, par rapport à la première moitié de siècle écoulé. Mais, avec une variabilité interannuelle permanente, entre les années sèches et les années humides. Les séquences sèches atteignent jusqu'à cinq (5) années successives, alors que les séquences humides ne dépassaient pas les trois (3) années consécutives.

En Algérie, les cumuls des précipitations vont diminuer au cours des trente prochaines années ; le déficit annuel sera, selon Saadi et al (2015), de 25 à plus de 100 mm selon la répartition régionale. La réduction saisonnière prévue, sur Biskra, est de 0-25 mm au printemps, en été et en automne ; par contre il y aura une augmentation en hiver, qui peut atteindre les 25 mm.

2.2. Variabilité de la sécheresse météorologique

Phoenix dactylifera L. est une importante culture agricole et commerciale dans le Nord de l'Afrique et les pays du Moyen-Orient. Au cours de la dernière décennie, selon Baslam et al (2014), les plantations de palmiers dattiers ont subi une dégradation due à une exploitation extensive et à des conditions environnementales drastiques, telles que la sécheresse. Actuellement, il y a un intérêt croissant pour la valorisation de l'eau en raison des problèmes environnementaux et des aspects économiques. De ce fait, l'analyse de la sécheresse à Biskra est nécessaire pour la présente contribution.

2.2.1. Indice de pluviosité

L'analyse des données de précipitations enregistrées à Biskra, par l'indice de pluviosité, montre clairement la variation interannuelle entre les années sèches et les années humides (Fig. 34). Jusqu'à la première moitié des années 1990, le nombre d'années sèches est le plus enregistré. Alors que le nombre le plus élevé des années humides est enregistré durant la dernière décade de la série (six années).

La tendance globale est légèrement sèche (23 années), avec une séquence sèche de cinq années consécutives (1981-1985). Par contre, les séquences humides sont de courtes durées ; elles sont de trois années seulement (1975-1977, 1990-1992 et 2003-2005).

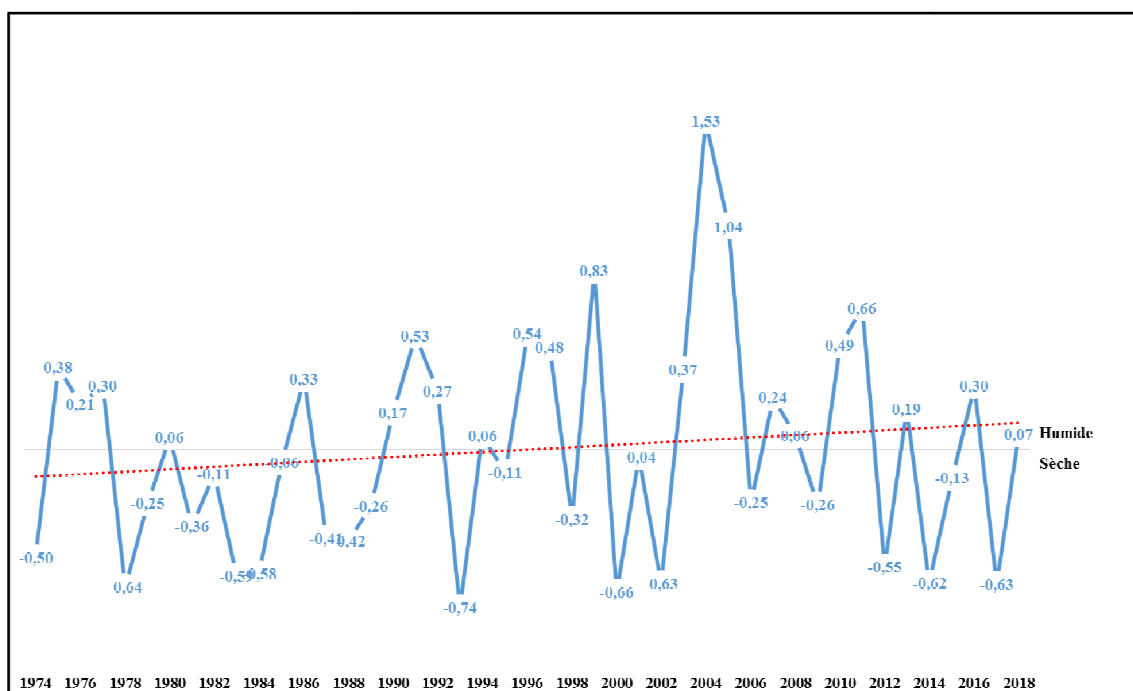


Figure 34 : Résultats de l'analyse de l'indice de pluviosité à Biskra (la moyenne de l'IPM en bleue). (Auteur, 2021)

2.2.2. Indice de l'écart à la moyenne

Le calcul de l'indice de l'écart à la moyenne, fait ressortir le nombre d'années humides ou excédentaires et le nombre d'années sèches ou déficitaires. Selon Triki (2009), nous

considérons une année déficitaire lorsque la pluie est inférieure à la moyenne, alors qu'une année est excédentaire quand le cumul dépasse la moyenne.

L'analyse nous a permis de ressortir qu'il y a un rapprochement entre le nombre d'années excédentaires et d'années déficitaires ; elles sont, respectivement, de 22 et de 23 années (Fig. 35).

Nous avons enregistré trois longues séquences sèches, une de cinq années et deux de trois années (1981-1985, 1987-1989 et 2000-2002, respectivement). De même pour les séquences humides, c'est-à-dire trois séquences, mais pour une durée de trois années consécutives pour chaque une (1975-1977, 1990-1992 et 2003-2005).

Pour les séquences de deux années successives sèches, ce sont deux (1978-1979 et 2014-2015). Par contre, elles sont trois pour les séquences humides (1996-1997, 2007-2008 et 2010-2011).

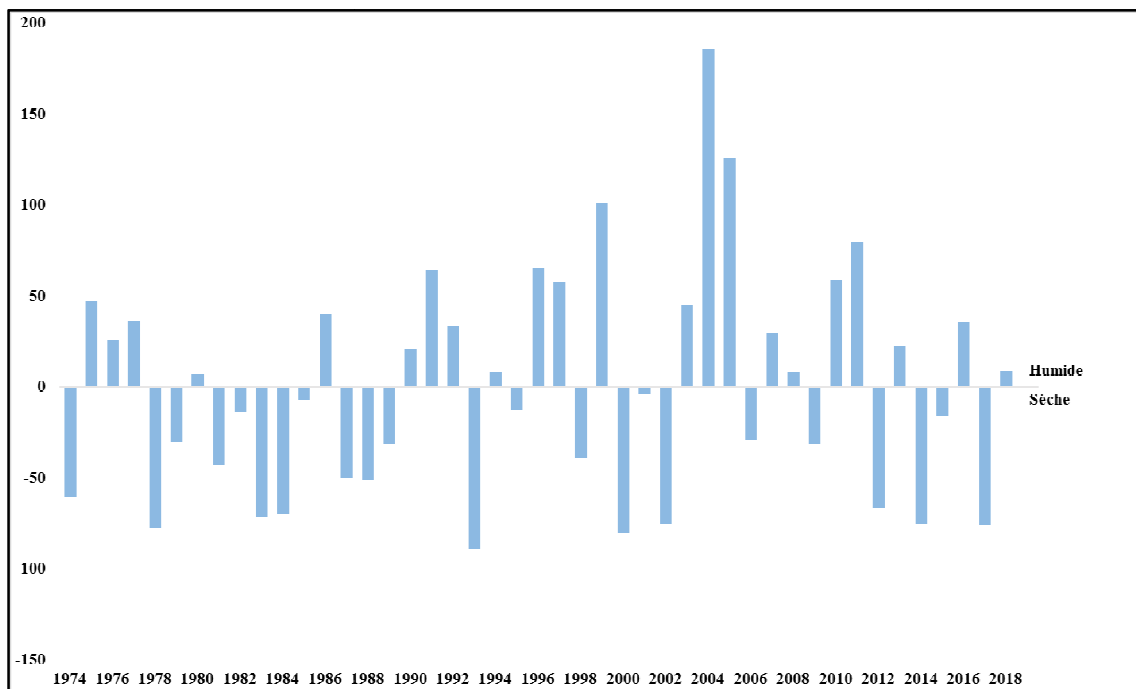


Figure 35 : Résultats de l'analyse de l'indice de l'écart à la moyenne à Biskra (en mm).
(Auteur, 2021)

2.2.3. Indice du nombre d'écarts type

Afin de mesurer la sévérité de la sécheresse vécue dans la région d'étude, nous avons utilisé le critère de comparaison à la moyenne et à la moyenne moins un ou deux écarts types. Ainsi, la représentation graphique (Fig. 36) nous a permis de distinguer que 51,11 % des années de la série sont des années de sécheresse ; répartie sur 31,11 % d'années de sécheresse modérée et 20 % d'années de sécheresse forte.

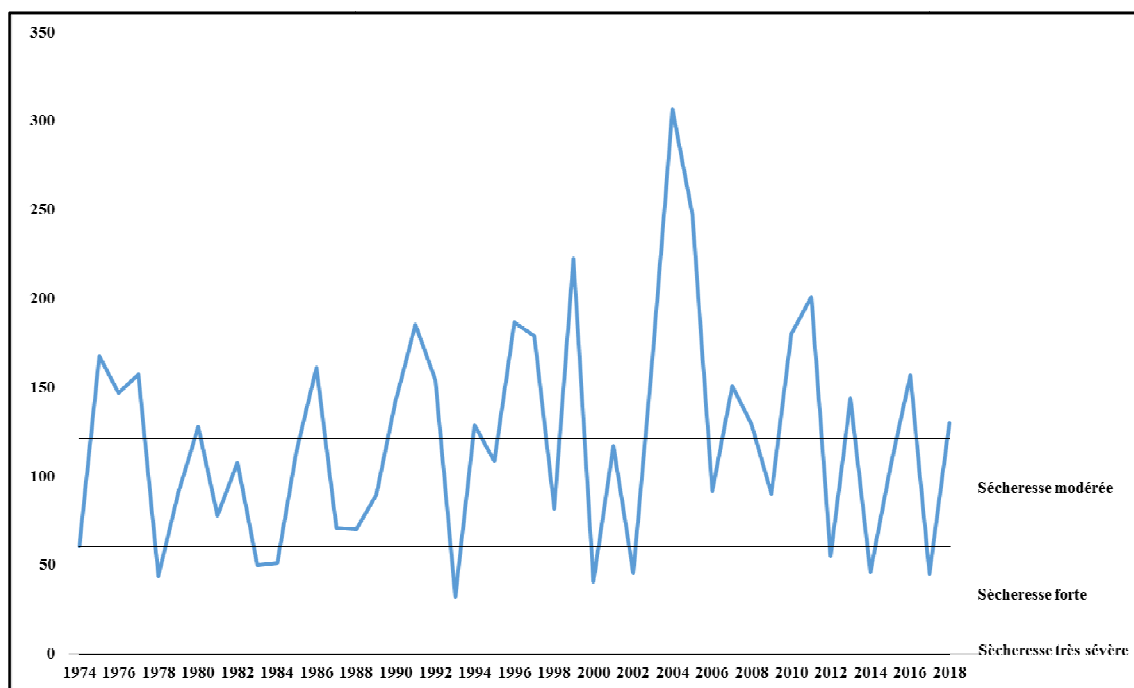


Figure 36 : Résultats de l'analyse de l'indice du nombre d'écarts type à Biskra (en mm).
(Auteur, 2021)

2.2.4. Analyse fréquentielle

Nous avons distingué sur les 45 années d'observation : 16 années sèches et très sèches, soit 35,55 % des années de la série sont déficitaires. Comme nous avons enregistré 13 années normales et 16 années humides et très humides, soit 35,55 % d'années excédentaires (Fig. 37). Toutes les années considérées très humides, au nombre de huit, ont été enregistrées à partir des années 1990 ; comme suit : 1991, 1996, 1997, 1999, 2004, 2005, 2010 et 2011.

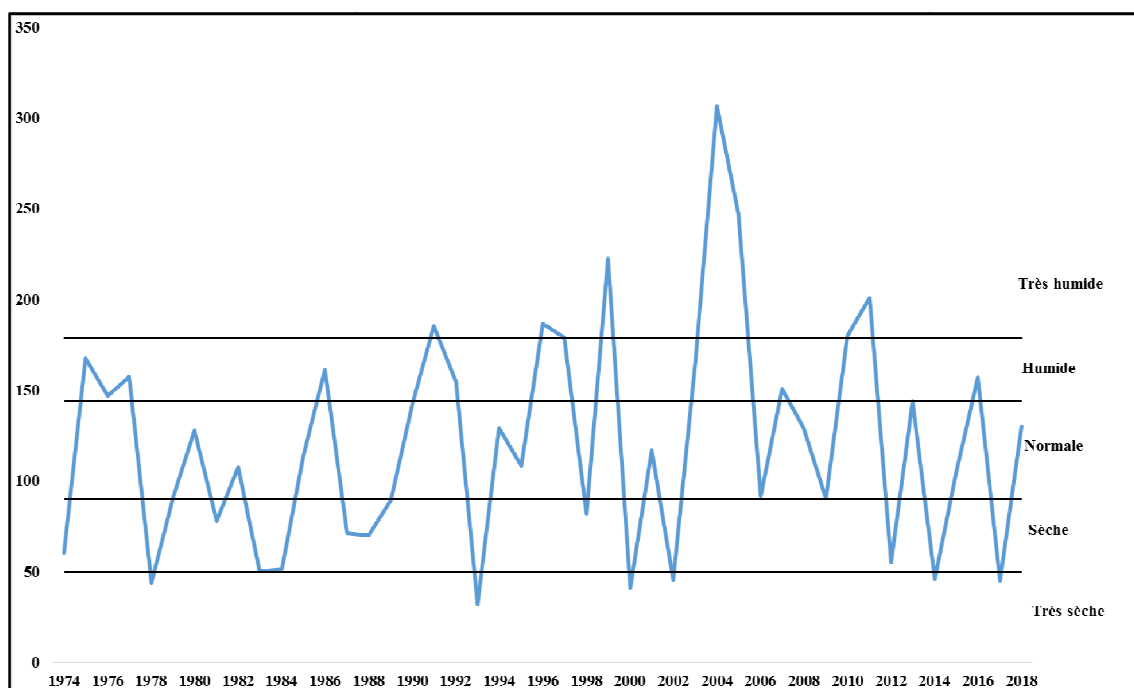


Figure 37 : Résultats de l'analyse fréquentielle à Biskra (en mm). (Auteur, 2021)

2.2.5. Indice de précipitations normalisé

L'analyse par l'SPI (Fig. 38), nous a permis de constater que : 80 % de la période étudié est proche de la normale, alors que 8,88 % des années sont modérément sec et 4,44 % sont des années très sec. Tandis que le total des années humides ne représente que 6,67 % des années de la série ; répartie sur trois classes : extrêmement humide, très humide et modérément humide, soit un taux de 2,22 % pour chaque classe.

L'année la plus humide, de la série, est celle de 2004 ; alors que nous avons enregistré deux années très sec, ce sont 1979 et 1984.

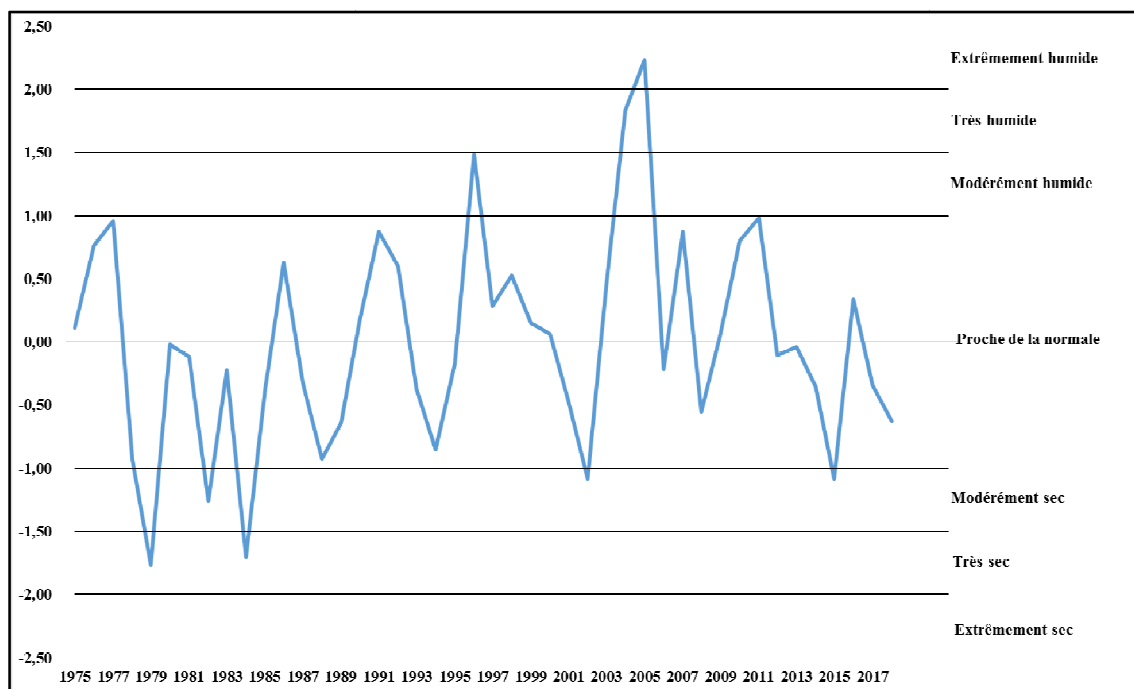


Figure 38 : Résultats de l'analyse de l'indice de précipitations normalisé à Biskra (la moyenne de l'SPI en bleue). (Auteur, 2021)

2.2.6. Comparaison entre la répétitivité des années sèches et des années humides

La série de données analysées est de 45 années (1974-2018). Les cinq indices nous ont permis de caractériser le cumul annuel des précipitations par rapport à la moyenne et aux autres années de la série, s'il s'agit d'années sèches ou humides. L'indice du nombre d'écarts type nous a permis de préciser la classe de la sécheresse (modérée, forte ou très sévère), alors que l'analyse fréquentielle et l'indice de précipitations normalisé nous ont donné la possibilité de classer toutes les années, que ce soit pour les années sèches ou pour les années humides. Ces deux derniers indices nous donnent une classe intermédiaire ; 'Normale' pour l'analyse fréquentielle et 'Proche de la normale' pour l'SPI.

Il ressort, en général, qu'il y a un rapprochement entre le nombre d'années sèches et ce d'années humides, mais avec une légère tendance vers les années sèches (Tableau 17) ; les résultats de l'indice de pluviosité, l'indice de l'écart à la moyenne et l'indice du nombre d'écarts type donnent le nombre de 23 années sèches contre 22 humides. Par l'analyse

fréquentielle, nous avons enregistré une égalité entre le nombre d'années sèches et humides, 16 pour chaque une ; alors que par l'SPI, nous avons trouvé 6 années sèches et 3 humides.

Tableau 17 : Comparaison entre le nombre des années sèches et ce des années humides.

Indices	Nombre d'années	
	Sèches	Humides
Indice de pluviosité	23	22
Indice de l'écart à la moyenne	23	22
Indice du nombre d'écarts type	23	22
Analyse fréquentielle	16	16
Indice de précipitations normalisé	6	3

(Auteur, 2021)

La région des Ziban est caractérisée par une sécheresse qui s'étale sur tous les mois de l'année ; avec des précipitations annuelles qui varient entre 32 mm et 335 mm (561,5 mm exceptionnels en 1969), tandis que la moyenne annuelle de la période 1974-2019 est d'environ 122,62 mm. Par contre, la moyenne de la période 1903-1954 était de 142,8 mm/an. Il faut signaler que, selon FAO (2016a), 99 % des pertes des productions agricoles, en Algérie, sont deus à la sécheresse ; alors que le reste est causé par les inondations.

3. Vitesse moyenne du vent

Les données annuelles moyennes de la vitesse du vent à Biskra dévoilent une tendance vers la baisse à partir de 2002 (Fig. 39). Cette diminution est due, probablement, au développement rapide du tissu urbain et de l'apparition de nouvelles agglomérations et de nouvelles mises en valeur agricoles ; chose qu'a diminué la circulation de l'air autour de la station météorologique.

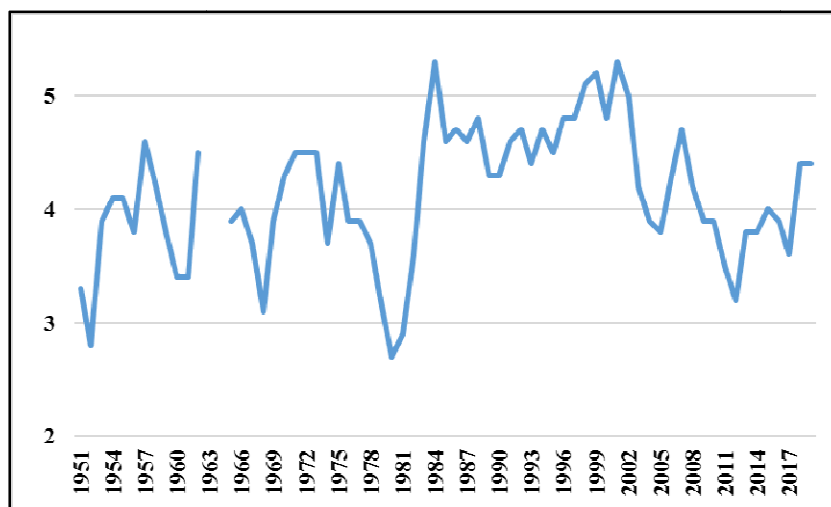


Figure 39 : Evolution de la vitesse moyenne annuelle du vent à Biskra (en m/s). (Source : ONM, 2019)

La vitesse annuelle moyenne du vent, à Biskra, varie entre 2,8 m/s et 5,3 m/s, alors que la moyenne mensuelle varie entre 2,1 m/s et 8,1 m/s ; tandis que la vitesse maximale journalière dépasse les 97 km/h. La vitesse moyenne annuelle de la période 1988-2019 est de 4,34 m/s ; entre juillet et décembre c'est la période calme, alors qu'avril (5,48 m/s) et mai (5,26 m/s) sont les deux mois où le vent souffle plus.

Selon Haddad (2011), les vents dominants sont : i) Nord-Est en été, ii) Nord-Ouest en automne et en hiver et, iii) Sud-Ouest, sous forme du sirocco, en printemps et en été ; durant la saison chaude les siroccos deviennent très desséchant.

4. Humidité relative de l'air

La série des données annuelles recueillie de l'humidité relative de l'air est caractérisée par plusieurs lacunes ; alors que, seulement une courte partie qui regroupe les données mensuelles (2002-2019). En général, la tendance est stable durant les dix-sept dernières années de la série ; néanmoins, les taux ont connu une tendance à la baisse par rapport aux données de la fin des années 1960 et le début des années 1970 (Fig. 40).

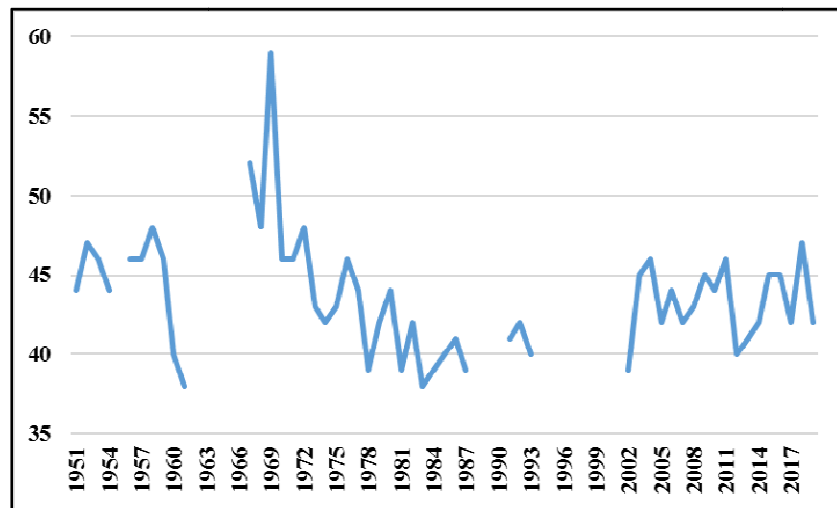


Figure 40 : Evolution de l'humidité relative moyennée de l'air à Biskra (en %). (Source : ONM, 2019)

La moyenne annuelle de l'humidité relative de l'air, pour la période 2002-2019, est de 38-59 % ; le taux mensuel le plus bas est enregistré durant les trois mois de juin, juillet et août (30,56 %, 28,00 % et 31,61 %, respectivement), qui coïncident avec la période de maturité des dattes. Par contre, le taux dépasse les 57 % durant les mois de janvier et de décembre. L'extrême supérieure a été enregistrée en décembre 2015 (69 %) et la minimale était en juillet 2003 et 2012 (23 %). Selon Heddad (2011), la moyenne de la période 1999-2009 était : 60 % en mois de décembre et 25,8 % en juillet ; où nous constatons une diminution de taux de l'hygrométrie en décembre et une augmentation.

5. Evaporation

Le cumul annuel de l'évaporation à Biskra a connu des variations, il était d'une moyenne de 3279 mm/an durant la période 1992-2000 ; il a diminué à 2456 mm/an pendant la décennie 2001-2010. Ensuite, il a augmenté à 2729 mm/an au cours de la période 2011-2019 (Fig. 41).

Généralement, le cumul varie entre 2109 et 4578,5 mm, avec une moyenne annuelle de 2808,87 mm. L'évaporation moyenne mensuelle dépasse les 400 mm durant le mois de juillet (466 mm en 1998), alors qu'elle avoisine les 100 mm en mois de décembre ; le cumul mensuel le plus faible a été enregistré en décembre 2008 (55 mm). La moyenne du mois de juillet, pour la période 1992-2019, est plus élevée par rapport à la moyenne calculée par Heddad (2011), qui a annoncé 379 mm pour la période 1999-2009.

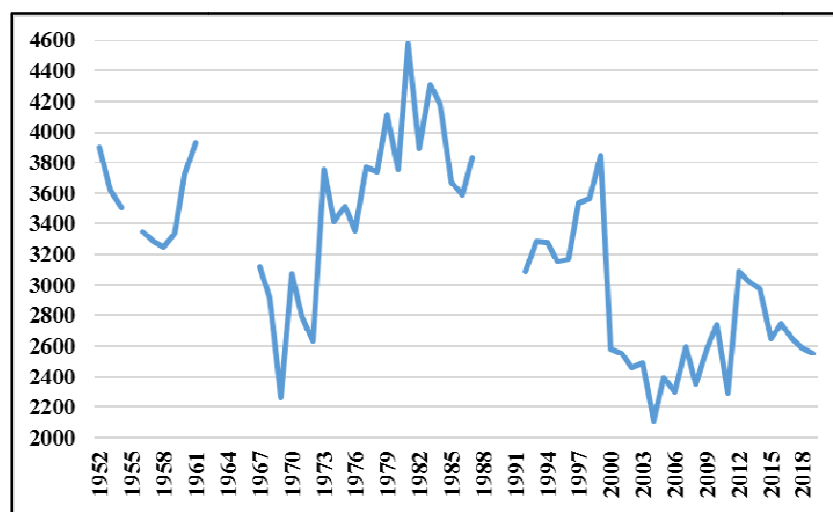


Figure 41 : Evolution du cumul annuel de l'évaporation à Biskra (en mm). (Source : ONM, 2019)

6. Ensoleillement

Selon Khechai et Laadjal (2006), la région de Biskra reçoit une intensité lumineuse très importante, car l'atmosphère a une grande pureté tout au long de l'année. La durée d'heures journalières d'ensoleillement variée entre 10 en hiver et 14 en été ; ce temps considérable, est d'un côté, une solution pour la période hivernales et, d'une autre, un problème pour la période estivale (Tibermachine, 2016).

Nous avons enregistré une tendance à la baisse, à partir de 2002, des cumuls annuels d'heures d'ensoleillement ; passant de 3644 heures en 2000 (le cumul le plus élevé de la série) à 3112 heures en 2014. Le cumul le plus faible a été enregistré en 1969 (3039,9 heures) (Fig. 42).

Le cumul annuel des heures d'ensoleillement est de 3111,1-3644 ; il atteint son maximum mensuel en mois de juillet, avec 359,14 heures en moyenne. L'accumulation a abouti les 404 heures en juillet 2015, alors qu'elle était, seulement, de 170 heures en janvier 1992. En fait, décembre est le mois le moins bénéficiaire du soleil, il cumule en moyenne 219,86 heures.

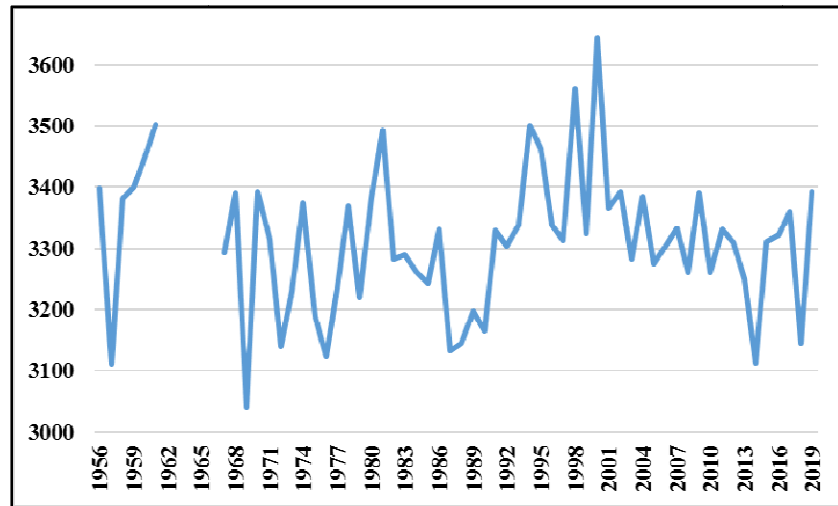


Figure 42 : Evolution du cumul annuel d'heures d'ensoleillement à Biskra (en heure).
(Source : ONM, 2019)

7. Synthèse climatique de Biskra

Dans le cadre de ressortir les caractéristiques climatiques de la région d'étude, nous avons résumé les données de la station météorologique de Biskra dans le Tableau 18.

Il découle de données de la période 1988-2019, que la température moyenne annuelle, à Biskra, est de 22,64 °C ; les baisses moyennes sont enregistrées en mois de janvier (11,89 °C). Par contre, le thermomètre marque une moyenne supérieure à 30 °C durant la période juin-juillet-août ; alors que juillet est le mois le plus chaud de l'année (34,66 °C).

La moyenne annuelle des totaux de précipitations sur Biskra, de la période 1974-2019, est de 122,62 mm. La pluviosité est caractérisée par une variation mensuelle ; alors que la période étendue de juin à août est la plus sec, où les cumuls ne dépassent pas un millimètre en mois de juillet. Par contre, avril est le mois le plus pluvieux, par une moyenne avoisinant les 15 mm.

Pour l'humidité relative de l'air, enregistrée entre 2002 et 2019, la moyenne annuelle est 43,46 % ; elle est supérieure à 41 % durant la période septembre-avril, où le maximum est enregistré en mois de décembre (59 %). Par contre, pendant la période mai-août, l'hygrométrie à Biskra est inférieure à 37 % ; elle atteint son minimum en mois de juillet (28 %).

La moyenne annuelle du cumul d'heures d'ensoleillement, de la période 1991-2019, est de 3341,39 ; elle varie entre 219,86 h, en mois de décembre, et 359,14 h en juillet. Ceci, signifié que la moyenne journalière du nombre d'heures d'ensoleillement est de 7,09 pour le mois le moins exposé au soleil et de 11,29 pour le plus exposé.

Les vitesses moyennes mensuelles de vent à Biskra, de 1988 à 2019, varient entre 3,72 m/s (en août) et 5,48 m/s (en avril) ; alors que la moyenne annuelle est 4,34 m/s.

Le cumul annuel de l'évaporation, pour la période 1992-2019, est de 2808,87 mm ; résultant une moyenne mensuelle de 234,07 mm. Toutefois, cette moyenne balance entre 101,89 et 402,11 mm, enregistrée, respectivement, en mois de décembre et de juillet. Souvent,

l'évaporation n'atteint pas les 280 mm/mois durant la période septembre-avril ; alors qu'elle est supérieur à 302 mm pendant les mois de mai, juin, juillet et août.

Tableau 18 : Résumé des données météorologiques de Biskra.

	Température moyenne (°C)	Précipitations (mm)	Humidité relative (%)	Ensoleillement (h)	Vitesse de vent (m/s)	Evaporation (mm)
Moyenne de la période :						
Mois	1988- 2019	1974- 2019	2002- 2019	1991- 2019	1988- 2019	1992- 2019
Janvier	11,89	14,30	57,22	228,51	4,15	111,75
Février	13,07	8,46	50,50	232,10	4,45	124,39
Mars	17,30	14,81	45,33	264,32	4,80	183,96
Avril	21,04	15,30	42,06	287,89	5,48	233,25
Mai	26,26	11,13	36,22	325,59	5,26	302,68
Juin	31,16	5,10	30,56	338,72	4,65	363,50
Juillet	34,66	0,68	28,00	359,14	3,87	402,11
Août	34,02	4,20	31,61	333,96	3,72	371,21
Septembre	29,08	14,17	41,11	265,03	3,94	276,42
Octobre	23,74	12,30	46,11	260,00	3,81	201,28
Novembre	16,84	14,07	53,78	226,27	4,05	136,43
Décembre	12,60	8,10	59,00	219,86	3,86	101,89
Moyenne	22,64	122,62*	43,46	3341,39*	4,34	2808,87*

(* = Cumul)

7.1. Diagramme ombrothermique

Le diagramme ombrothermique (Ombro, pour humidité et thermique pour température), proposé par Gaussen, a connu un succès mérité ; il a les caractéristiques des modèles graphiques faciles à présenter et à comprendre. C'est une présentation du climat d'un point de vue naturaliste. Il fait des climats de latitudes moyennes, et plus particulièrement méditerranéens, la référence pour comparer les climats du monde entier (Charre, 1997).

Le diagramme présente pour les douze mois les courbes des températures et des précipitations. L'ordonnée doit être graduée de telle sorte que $P = 2T$; avec P : précipitations mensuelles moyennes et T : température mensuelle moyenne. Cela permet de représenter le déroulement annuel des précipitations, des températures et laisser apprécier le rapport entre précipitations et températures, puisque la sécheresse apparaît quand la courbe de température passe au-dessus des histogrammes des précipitations. Nous trouvons en (Charre, 1997 ; Daddi Bouhoun, 1997) :

- Abscisse, les mois de l'année,
- Ordonnées à droite, les températures moyennes en °C,

- Ordonnées à gauche, les précipitations en mm.

Si $P/T < 2$, le mois est «sec».

Pour préparer le diagramme ombrothermique de Biskra, nous avons utilisé les données mensuelles de la période 1988-2019 (Fig. 43).

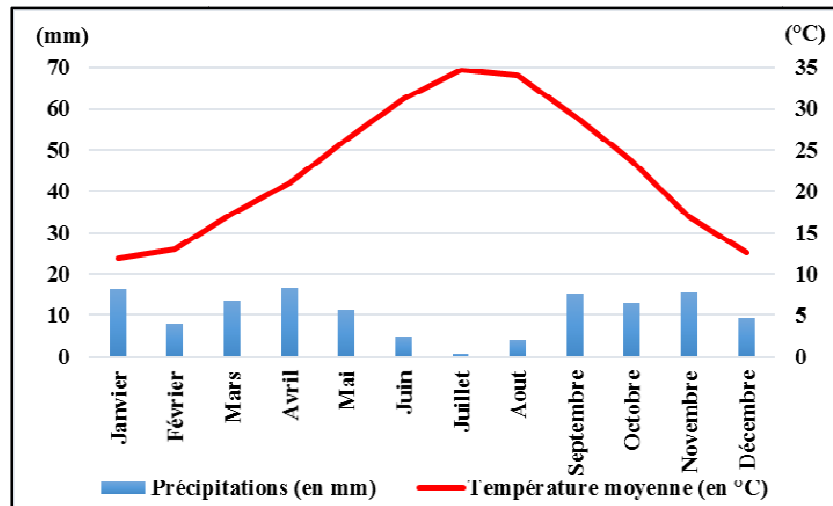


Figure 43 : Diagramme ombrothermique de la région de Biskra. (Auteur, 2021)

Biskra est une région caractérisée par la sécheresse, qui s'étale sur toute l'année ; parce que le rapport P/T est inférieur à 2 pour les douze mois de l'année. En plus des faibles quantités de précipitations et de leurs irrégularités, elle est caractérisée, aussi, par une variation intra et interannuelle du régime pluvieux ; où les totaux mensuels n'aboutissent pas les 20 mm. Quant aux températures moyennes de l'air, elles sont supérieures à 20 °C durant la période avril-octobre, où elles avoisinent les 35 °C en mois de juillet ; ceci indique que Biskra est chaude.

7.2. Climagramme d'Emberger

La confrontation des résultats climatologiques avec les observations qu'il a pu faire sur la végétation méditerranéenne, ont conduit Emberger à subdiviser l'aire du climagramme en zones caractéristiques par des aridités croissantes de haut en bas, ce sont les étages bioclimatiques de végétation : i) per-humide, ii) humide, iii) sub-humide, iv) semi-aride, v) aride et, vi) saharien (Tir, 2009).

Le climagramme permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude. Il est représenté (Bouزيد, 1993) :

- En abscisse par la moyenne des minimas du mois le plus froid,
- En ordonnées par le quotient pluviométrique d'Emberger (Q_2).

Nous avons utilisé la formule de Stewart adapté pour l'Algérie, qui se présente comme suit :

$$Q_2 = \frac{3,43 P}{M - m}$$

Q_2 = Quotient thermique d'Emberger,

P = Pluviométrie moyenne (en mm),

M = Moyenne des maxima du mois le plus chaud (en °C),

m = Moyenne des minima du mois le plus froid (en °C).

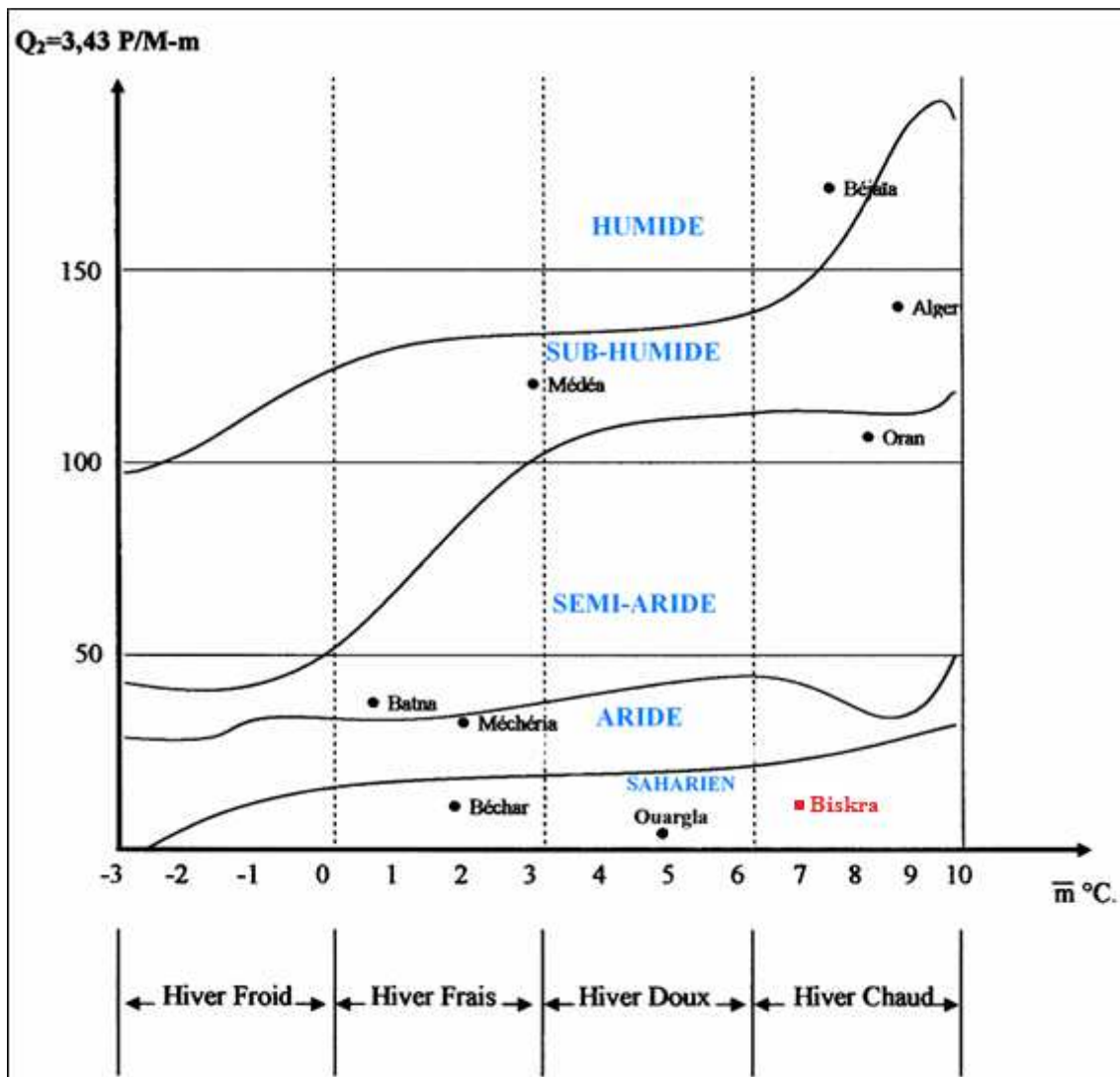


Figure 44 : Climagramme d'Emberger de la région de Biskra. (Auteur, 2021)

A partir de ce climagramme (Fig. 44), on distingue que l'étage bioclimatique de la région de Biskra est saharien à hiver chaud. Sachant que le quotient pluviométrique d'Emberger de la période 1988-2019 est 12,40, alors que la moyenne des minima du mois de janvier est 7,03

°C. Nous signalons que plusieurs études antérieures (ANAT, 2003 ; Atia, 2014 ; Foufou et Bord, 2016), ont classé Biskra parmi les régions hyperarides (sahariennes), mais à hiver doux.

8. Scénarios de l'évolution du climat dans la région des Ziban

Dans le contexte des changements climatiques globaux à l'instar des autres pays du monde, l'Algérie fera face à de multiples risques climatiques. Selon le GIEC (2014), les risques de phénomènes météorologiques extrêmes liés au changement climatique tels que les vagues de chaleur, les précipitations extrêmes et les inondations atteignent déjà un niveau modéré (degré de confiance élevé) et atteindraient un niveau élevé avec une augmentation supplémentaire de la température moyenne globale de 1 °C (degré de confiance moyen).

Le climat mondial change rapidement et cette évolution perdurera à l'avenir, quelles que soient les mesures prises aujourd'hui (Hailu et Campbell, 2013). Le cinquième rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), indique qu'il est « extrêmement probable » que l'influence de l'homme soit la cause principale de réchauffement climatique observé. Les divers modèles d'évolution du climat utilisés par le GIEC, basés sur différents scénarios d'émission de gaz à effet de serre (GES), prévoient une amplification de ce réchauffement : si les émissions augmentent au même rythme que les années passées, on estime que la température moyenne mondiale augmentera entre 2,6 et 4,8 °C au cours du XXI^e siècle (Chotte et Kosuth, 2015).

Les changements actuels et les futurs scénarios révèlent systématiquement d'importants risques accrus dans les décennies à venir (Cramer et al, 2019). De ce fait, il est nécessaire de prévoir l'évolution du climat dans le futur, afin d'étudier ses probables impacts sur les différents secteurs et domaines ; comme y le cas pour le secteur de l'agriculture, qui produit les besoins alimentaires des populations humaines.

8.1. Evolution future de la température de l'air

Durant la période 1951-2019, la température de l'air, à Biskra, a connu une augmentation d'environ 2 °C, que ce soit pour les minimales ou pour les maximales. Si les conditions environnementales et anthropiques continuèrent à s'évoluer de même rythme qu'aujourd'hui, les températures suivront une tendance linéaire vers la hausse. Les températures minimales et maximales, à Biskra, peuvent accroître en fin de ce siècle jusqu'à 2 °C par rapport à la moyenne actuelle (Fig. 45 et Fig. 46).

L'Organisation Mondiale de Météorologie est la principale institution qui suit l'évolution du climat sur le niveau mondiale ; elle élabore des scénarios futurs du climat. Ces scénarios combinent entre plusieurs paramètres et facteurs, tels que les modifications de la composition de l'atmosphère (CO₂, autres gaz, aérosols), les propriétés des terres, la croissance économique, les progrès technologiques etc. Le but de ces scénarios est de minimiser l'évolution du changement climatique, et par conséquent, ces impacts désastreux.

Les quatre scénarios les plus récents utilisés ont été choisis pour couvrir un large éventail de futurs possibles (OMM, 2020) :

- **RCP8.5** est un scénario de statu quo, avec une augmentation des émissions de gaz à effet de serre au fil du temps, conduisant à des niveaux de concentration de gaz à effet de serre élevés,
- **RCP6.0** est un scénario de stabilisation, dans lequel les émissions augmentent rapidement jusqu'en 2060 puis diminuent,
- **RCP4.5** suppose une action plus rapide pour limiter les missions de gaz à effet de serre, avec des émissions culminant en 2040 et en forte baisse jusqu'en 2080,
- **RCP2.6** décrit un effort total pour limiter le réchauffement climatique à moins de 2 °C, avec des émissions diminuant fortement après 2020 et zéro à partir de 2080.

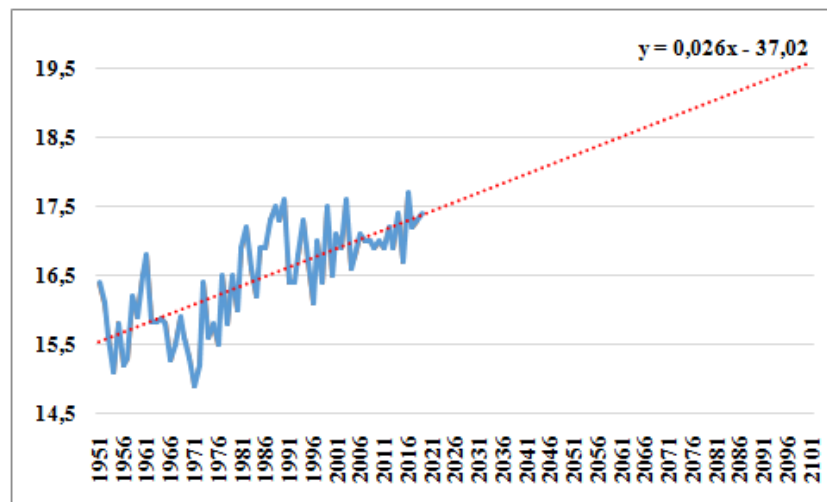


Figure 45 : Tendence de l'évolution linéaire de la température minimale de l'air à Biskra (en °C). (Auteur, 2021)

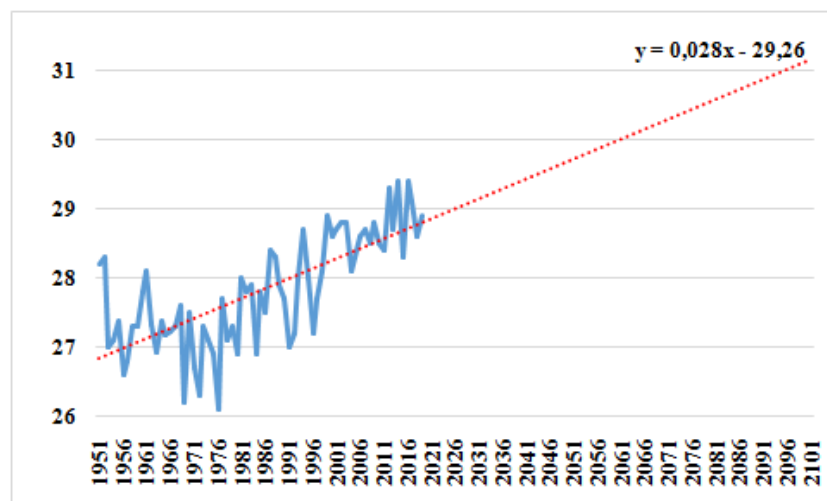


Figure 46 : Tendence de l'évolution linéaire de la température maximale de l'air à Biskra (en °C). (Auteur, 2021)

Les scénarios préparés par l'OMM, pour l'an 2100, prévoient une augmentation des températures minimales de 3-4 °C sur l'ensemble du territoire algérien, alors qu'elle présente

un accroissement de 3 à 5 °C au niveau mondial. Pour les maximales, la hausse probable est d'environ 4 °C (OMM, 2020, 2021). De leur part, Cramer et al (2019) estiment que la température moyenne augmentera de 2,2 °C, par rapport à la période préindustrielle, d'ici 2040.

8.2. Evolution future des précipitations

L'évolution de la courbe de tendance linéaire, des données de précipitations sur Biskra, ressorte une diminution d'environ 25 mm de précipitations d'ici la fin du siècle en cours (Fig. 47). Selon les différents scénarios de l'OMM (2020), qui englobent plusieurs régionaux, estime que les totaux des précipitations, sur la région de Biskra, peuvent reculer de 36,5 à 73 mm, par rapport à la moyenne actuelle.

Les niveaux de précipitations sont caractérisés par une forte hétérogénéité géographique et temporelle, mais les modèles climatiques indiquent clairement une tendance vers une réduction des précipitations dans les décennies à venir (Cramer et al, 2019). D'après Chaulet et Zoghbi (1990), la majorité des terres cultivables en Algérie, est exposée à une irrégularité interannuelle des précipitations, accentuée par des facteurs climatiques qui influent le plus directement sur la végétation. Cette situation intensifiera la consommation des eaux souterraine utilisées en irrigation, surtout au Sahara ; sachant que ces réservoirs se renouvellent lentement. De ce fait, selon Cramer et al (2019), non seulement les volumes d'eaux souterraines baissent, mais leur qualité se dégradera, en raison de la surexploitation, de la pollution et de l'urbanisation rampante.

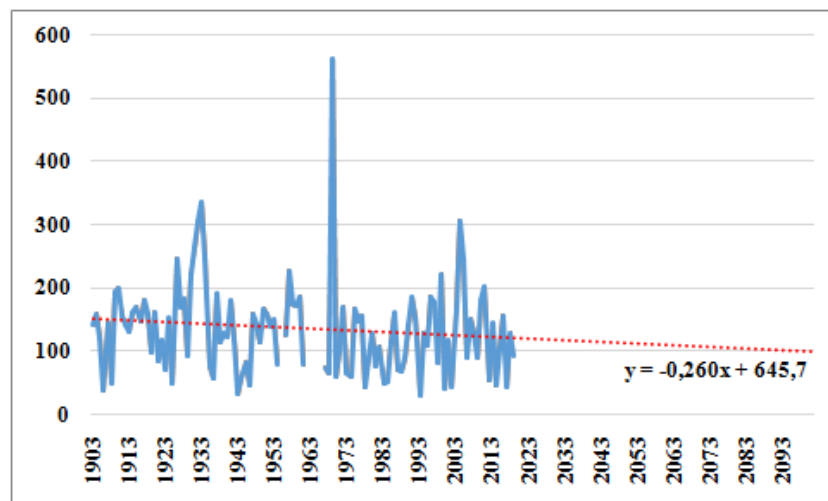


Figure 47 : Tendance de l'évolution linéaire des précipitations à Biskra (en mm). (Auteur, 2021)

8.3. Evolution future de l'évaporation et de l'humidité de l'air

Les scénarios de probabilités de l'évolution future du climat sur la région de Biskra, préparés par l'OMM (2020), prévoient une réduction de l'évaporation d'environ 36,5 mm, en

2100 ; sur la même période, ils soupçonnent une diminution de 3 à 5 % de taux d'humidité relative de l'air.

L'analyse des données météorologiques disponibles, de la région de Biskra, nous a permis d'enregistrer la hausse des principaux paramètres météorologiques, particulièrement, les hausses des températures de l'air (1,10 °C pour les minimas et 1,31 °C pour les maximas), l'accroissement du nombre des vagues de chaleur, le changement des niveaux et des fréquences des précipitations, l'augmentation de la fréquence des périodes sèches et des sécheresses. Ce sont les principaux indicateurs du changement climatique dans les régions arides et hyperarides.

Suite aux changements climatiques et environnementaux, résultant des activités humaines (surexploitation, pollution et modification de l'utilisation des sols et des mers), les écosystèmes sont maintenant l'objet d'enjeux sans précédent, menaçant ainsi la disponibilité de la majorité des services qu'ils fournissent (Cramer et al, 2019).

Selon FAO (2016b), la production agricole est déjà mise à mal par les manifestations du changement climatique. Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) avertit que la baisse des rendements agricoles est peut-être déjà un fait établi, et que des baisses de rendement de 10 à 25 pour cent ou plus pourraient devenir la norme en 2050 (FAO, 2016c).

En liant l'évolution du climat de Biskra avec le du palmier dattier, il ressort, en général, que l'augmentation des températures de l'air aura une influence sur la production dattière, surtout au moment de l'apparition des spathes ; qui pourra provoquer un décalage important entre l'apparition des spathes mâles et femelles. Avec les probables hausses annoncées, les fortes températures durant la période de maturité des fruits (juin, juillet et août) peuvent provoquer un dessèchement des dattes ; probablement, ceci diminuera la qualité des dattes (faible taux d'humidité, changement de couleur et concentration de saccharose). Une telle situation, pourra être aggravé par les vagues de chaleur et les siroccos ; ainsi, provoqueront une augmentation des doses d'irrigation. De leurs parts, les sécheresses auraient un double impact au niveau des palmeraies, le premier sur les dattes (dessèchement) et le deuxième sur le sol (diminution de l'humidité et augmentation de la salinité).

Chapitre III : Relation entre les conditions climatiques et les rendements de dattes

La variabilité climatique fait référence aux variations de l'état moyen et à d'autres statistiques climatiques (écarts-types, occurrences d'extrêmes, etc.) à toutes les échelles, temporelles et spatiales. Selon Ramamasy et Baas (2007), cette variabilité peut résulter de processus internes naturels au sein du système climatique (variabilité interne) ou de variations de forces externes naturelles ou anthropiques (variabilité externe). Par contre, le changement climatique fait référence à tout changement du climat au fil du temps, qu'il soit dû à la variabilité naturelle ou aux forces anthropiques.

Afin de connaître s'il existe une relation entre la variation des températures de l'air et des précipitations, d'une part et, les rendements des dattes, d'une autre part ; nous nous sommes recourus au test de corrélation. Pour ceci, nous avons utilisé les données climatiques de l'ONM et les statistiques de la FAO, du ministère de l'agriculture et de la DSA de Biskra.

1. Relation entre la variation des températures de l'air et les rendements des dattes

1.1. Rendements des dattes en Algérie

La représentation graphique de la variation de la température moyenne annuelle de l'air et des rendements annuels de dattes en Algérie a été basée sur les données disponibles de la période 1961-2018 (Fig. 48). La tendance vers la hausse des rendements de dattes en Algérie a commencée au début des années 1990, et elle s'est accélérée à partir du milieu des années 2000.

Plusieurs auteurs (Benzouche, 2012 ; Rechachi, 2017 ; Fedala et al, 2020) s'accordent que cet accroissement est due, principalement, à l'intérêt alloué par les pouvoirs publics au développement de la filière Dattes, à partir du début des années 1990. Cet appui a encouragé les agriculteurs à installé les systèmes économiseurs d'eau, à fertilisé leurs jardins phœnicicoles, à appliqué les différentes techniques culturales (pollinisation, limitation, ensachage, entretien des palmiers et des exploitations, etc.), afin d'améliorer la production de leurs palmeraies. En plus de ceci, la rentrée en production des terres agricoles, désignées à la plantation du palmier dattier.

Jusqu'à 1991, les rendements moyens de dattes par hectare, sur le niveau national, ont été inférieurs ou avoisinent les trente (30) tonnes ; à partir de 1992 (31,22 tonnes/ha), la productivité des palmeraies a connu une augmentation, pour dépassée les 51,50 tonnes/ha en 2013. La production par hectare a abouti les 64,83 tonnes en 2018 ; indiquant ainsi, une augmentation de 158 %, par rapport au rendement enregistré en 1961.

Le test de corrélation entre les températures de l'air et les rendements de dattes, nous a ressorti un coefficient de (0,4847), signifiant d'un faible rapport positif entre les deux variables ; c'est-à-dire lors de l'augmentation de la température moyenne annuelle de l'air, il y avait un accroissement des rendements annuels en dattes (Fig. 49).

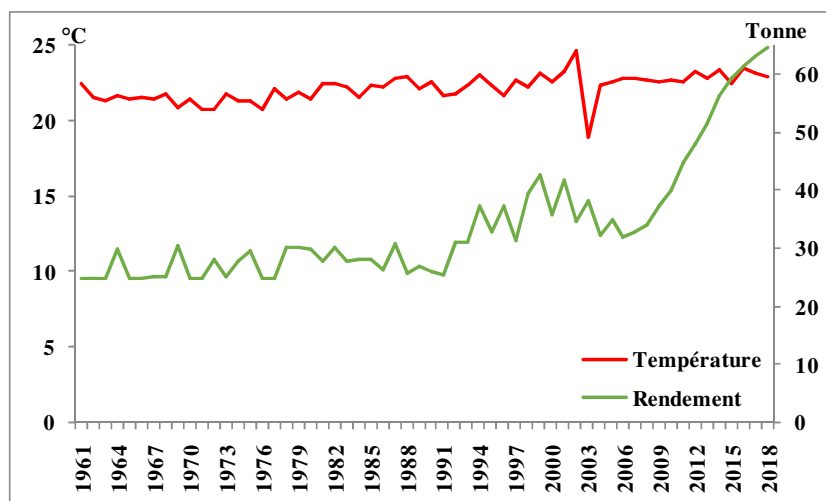


Figure 48 : Variation des températures moyennes annuelles de l'air et des rendements annuels des dattes par hectare en Algérie. (Auteur, 2021)

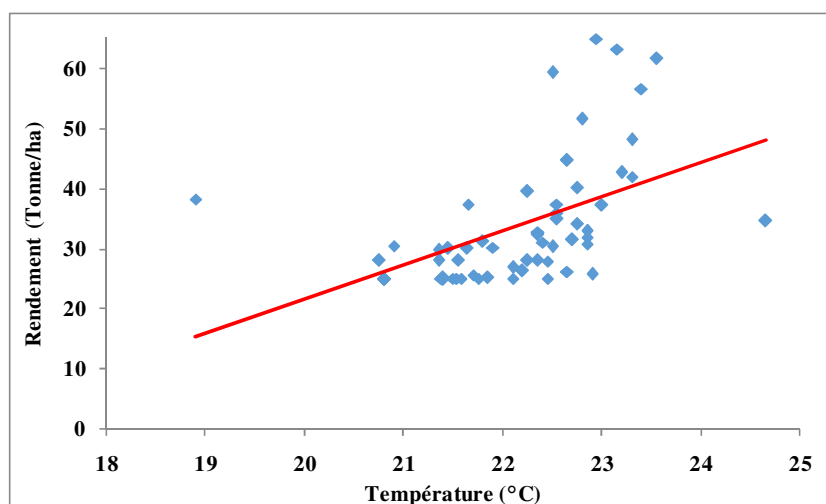


Figure 49 : Relation entre les températures moyennes annuelles de l'air et les rendements annuels des dattes en Algérie. (Auteur, 2021)

1.2. Rendements des dattes à Biskra

Selon les données disponibles, les rendements des dattes (toutes variétés confondues) à Biskra sont en progression perpétuelle (Fig. 50), surtout avec la rentrée en production des rejets plantés au début des années 2000. D'après Benziouche (2012), les programmes de l'APFA et du PNDA sont à l'origine de l'épanouissement de la phœniculture à Biskra ; ils ont permis d'augmenter la production et les rendements en dattes.

Les données du Ministère de l'agriculture, du développement rural et de la pêche, de la période 1990-2018, montrent que les rendements de dattes enregistrés à Biskra sont les plus élevés, par rapport au niveau national. Sur la même période, ils ont connu une nette augmentation de 151 % ; passant de 42,95 kg/pied en 1990 à 107,92 kg/pied en 2018. Depuis l'an 2015, le rendement par palmier, dans la wilaya, dépasse les 100 kg.

Le coefficient de corrélation, que nous avons calculé, entre les températures et les rendements de dattes enregistrés à Biskra, durant la période 1990-2018, était (0,2685) ; quelques points sont proches de la ligne et d'autres sont éloignés, ce qui indique une très faible relation linéaire entre les deux variables (Fig. 51).

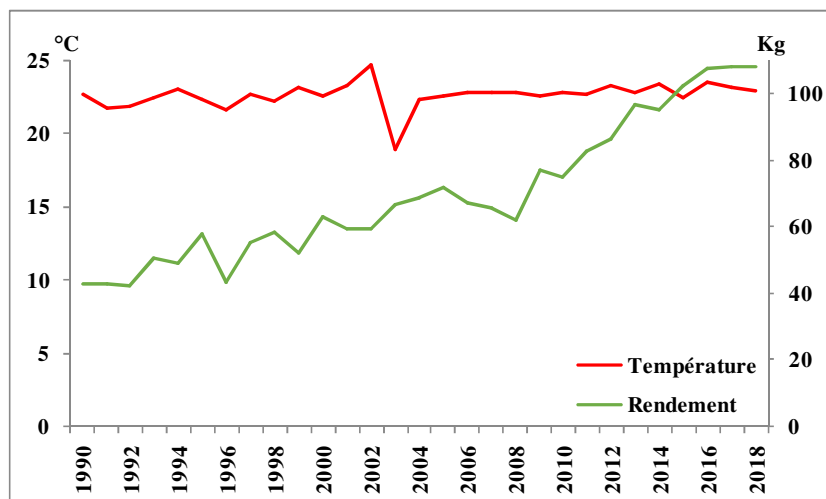


Figure 50 : Variation des températures moyennes annuelles de l'air et des rendements annuels des dattes par palmier à Biskra. (Auteur, 2021)

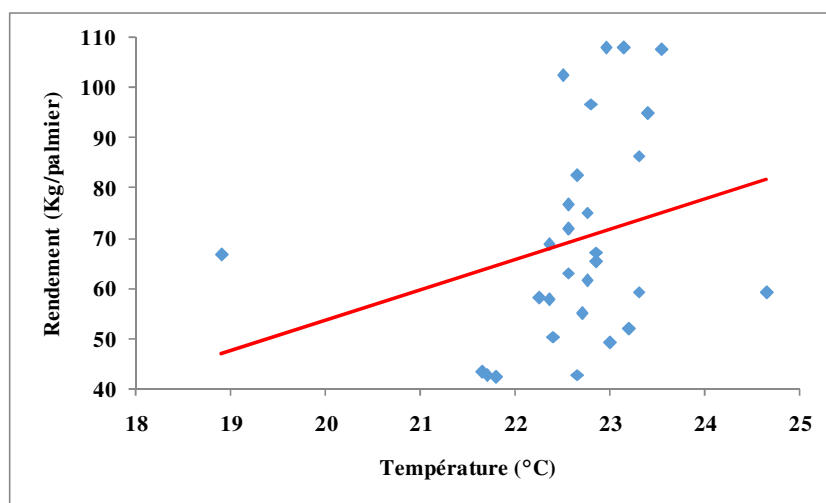


Figure 51 : Relation entre les températures moyennes annuelles de l'air et les rendements annuels des dattes à Biskra. (Auteur, 2021)

1.3. Rendements de la Deglet Nour à Biskra

Les rendements de Deglet Nour de Biskra ont connus une tendance à la hausse durant la dernière décennie (Fig. 52) ; cet accroissement est dû, en plus de l'appui étatique, à l'obtention des dattes Deglet Nour le label d'IGP. Selon Amrani (2018), ce label a encouragé les phœniciculteurs à mieux travailler leurs exploitations.

Les données que nous avons pu rassembler, découlent un accroissement de rendements de dattes Deglet Nour de 55 %, au bout de 18 ans seulement (2001-2018) ; passant de 73,41 kg

en 2001 à 114 kg/palmier en 2018. Le rendement par palmier est supérieur à 100 kg depuis l'an 2013.

Le test de corrélation pour la période 2001-2018, émane un coefficient de corrélation de (0,3097) ; ceci veut dire l'existence d'une corrélation modérément positive, entre les rendements de Deglet Nour et les températures de l'air enregistrées à Biskra (Fig. 53).

Néanmoins, les résultats de l'enquête de terrain, que nous avons mené avec les phœniciculteurs de Sidi Okba et de Tolga (Chapitre I), montre que 56 % des phœniciculteurs relie la dégradation de la qualité des dattes (calibre, tendreté et couleur), observée ces dernières années, aux fortes températures enregistrées en été ; selon les enquêtés, cette détérioration est la conséquence, aussi, de la salinité des eaux d'irrigation et de la non maîtrise de la fertilisation minérale.

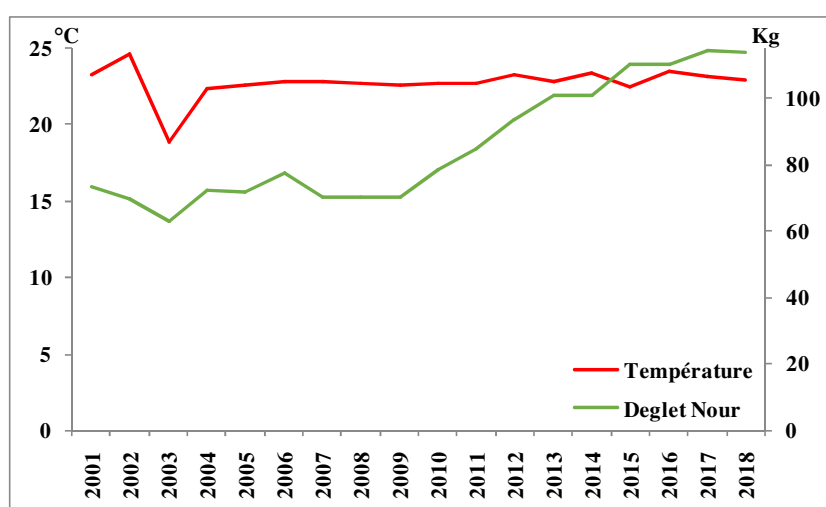


Figure 52 : Variation des températures moyennes annuelles de l'air et des rendements annuels de Deglet Nour par palmier à Biskra. (Auteur, 2021)

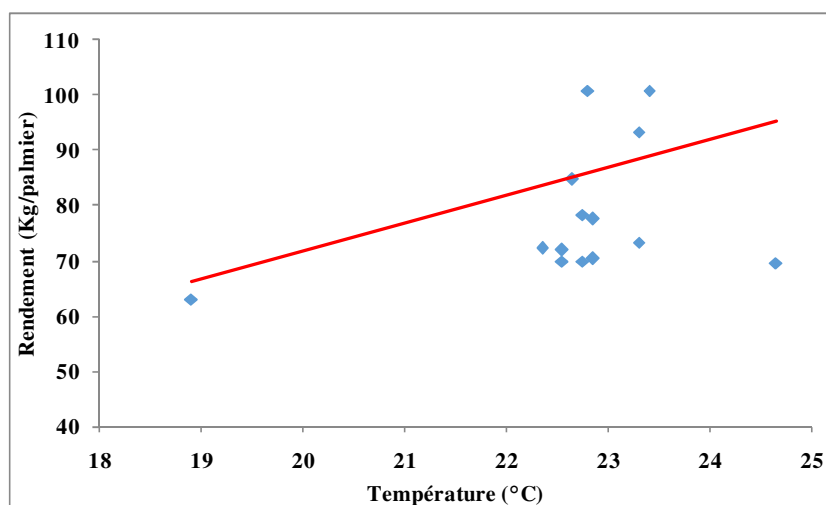


Figure 53 : Relation entre les températures moyennes annuelles de l'air et les rendements annuels de Deglet Nour à Biskra. (Auteur, 2021)

2. Relation entre la variation des précipitations et les rendements des dattes

2.1. Rendements des dattes en Algérie

La série des données de la production dattière en Algérie, durant la période 1967-2018, nous a permis de constater la stagnation des rendements par hectare pendant la première partie (1967-1991) (Fig. 54) ; ils varient entre 25 et 30 tonnes/hectare. Durant la deuxième partie (1992-2010), les rendements basculaient entre 30 et 40 tonnes/ha, alors qu'à partir de 2013, ils dépassaient les 50 tonnes/ha. L'évolution des rendements de dattes a été accompagnée par une variation interannuelle des précipitations.

D'après les données disponibles dans la série de pluviosité (1967-2018), nous avons enregistré une absence de liaison entre les cumuls annuels des précipitations et les rendements des dattes (Fig. 55) ; car le coefficient de corrélation était (-0,0149). L'inexistence d'une corrélation entre les précipitations et les rendements des dattes est logique, parce que la majorité des eaux utilisées pour l'irrigation du palmier dattier proviennent, selon Rechachi (2017) et Benziouche (2019), des réservoirs souterrains. Cependant ceci, va diminuer, probablement, les réserves en eaux souterraines, qui sont exploitées actuellement et qui nécessitent une longue durée pour se renouveler.

Néanmoins, les précipitations abondantes et/ou intenses au moment de floraison, favorisent la pourriture des spathes, produisant ensuite des fruits parthenocarpiques, qui tombent avant d'arriver au stade de maturité, alors que les dattes qui vont arriver à ce stade, seront de petits calibres et asséchés ; alors que les précipitations intenses durant les stades du développement des fruits et le stade de maturité, provoquent soit la chute ou la pourriture des fruits (Faci et al, 2020).

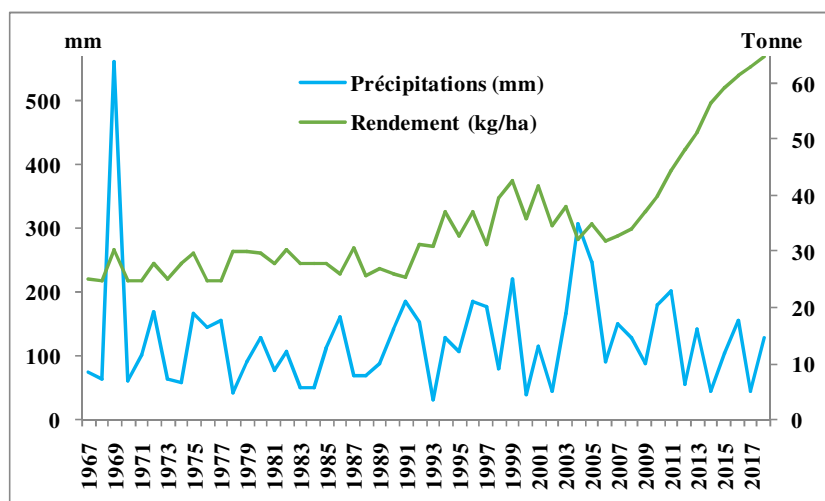


Figure 54 : Variation des précipitations et des rendements des dattes par hectare en Algérie. (Auteur, 2021)

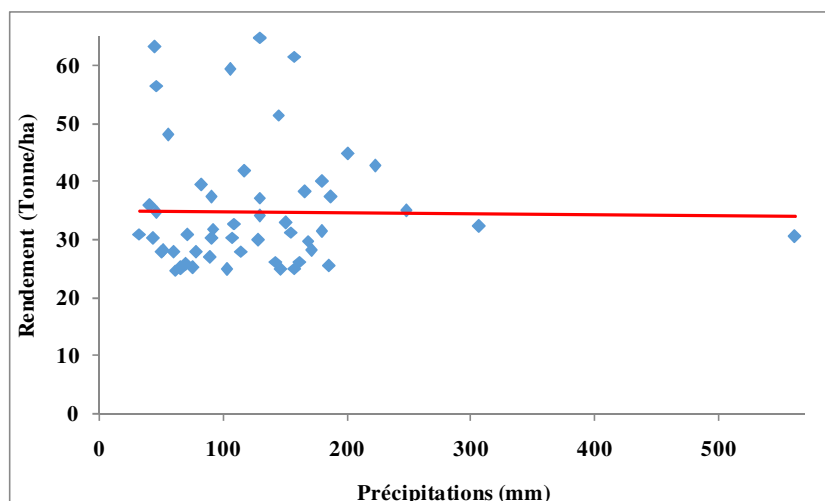


Figure 55 : Relation entre les précipitations et les rendements des dattes en Algérie. (Auteur, 2021)

2.2. Rendements des dattes à Biskra

Le rendement moyen de dattes par palmier à Biskra, a dépassé en 1993, pour la première fois, la barre de 50 kg. Ce développement positif a continué son évolution, pour enregistré en l'an 2000 un rendement de 63,21 kg ; alors qu'il a dépassé les 107 kg en l'an 2016. Durant la même période, nous avons enregistré une variabilité interannuelle des précipitations. Mais généralement, les totaux annuels sont sous le seuil de 200 mm ; sauf ce qui a été enregistré durant les années : 1999 (222 mm), 2004 (306 mm) et 2011 (201 mm) (Fig. 56).

Le test de corrélation entre les totaux annuels des précipitations et les rendements de dattes à Biskra, pour la période 1990-2018, ressorte l'inexistence de relation linéaire entre ces deux variables ; parce que les points sont placés de façon aléatoire dans le diagramme et le coefficient de corrélation était très faible (-0.1831) (Fig. 57).

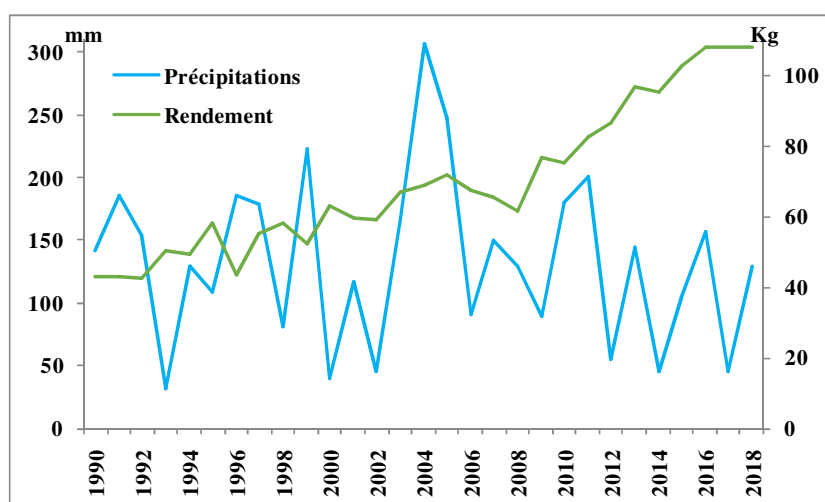


Figure 56 : Variation des précipitations et des rendements de Deglet Nour par palmier à Biskra. (Auteur, 2021)

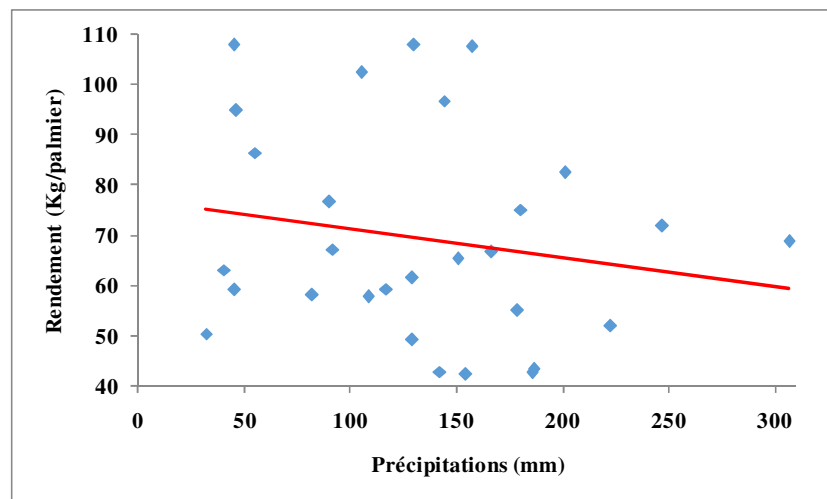


Figure 57 : Relation entre les précipitations et les rendements des dattes à Biskra. (Auteur, 2021)

2.3. Rendements de la Deglet Nour à Biskra

Jusqu'à l'an 2010, le rendement en datte par palmier de Deglet Nour, à Biskra, été inférieur à 80 kg, alors que nous avons enregistré 84,84 kg en 2011 et 93,40 kg en 2012 ; et depuis, les rendements sont supérieurs à 100 kg. La production par pied de Deglet Nour a grimpée à 114 kg en l'an 2017 (Fig. 58). Selon Gounni (2012) et Atia (2014), l'évolution enregistrée depuis 2010 est la résultante de la rentrée en production des terres agricoles de mise en valeur, qui produisent plus de dattes ; car les différentes techniques culturales sont appliquées.

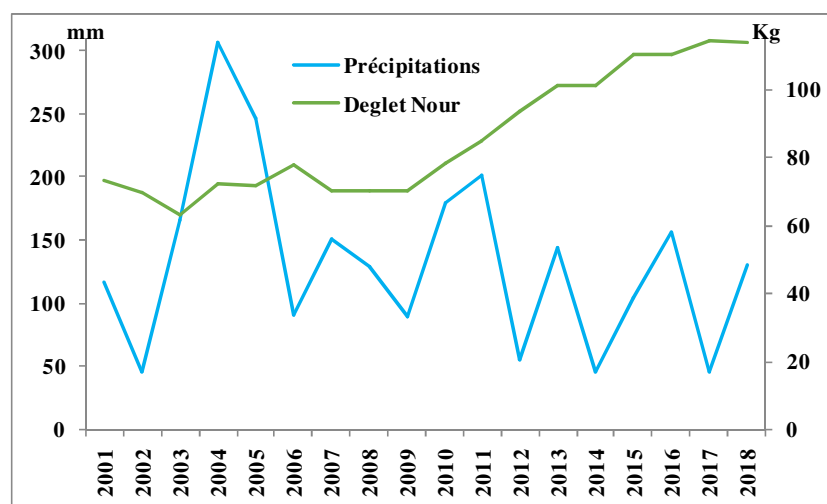


Figure 58 : Variation des précipitations et des rendements de Deglet Nour par palmier à Biskra. (Auteur, 2021)

La diminution des précipitations durant la dernière décennie n'avait pas une influence sur l'accroissement des rendements de la Deglet Nour à Biskra. Durant la période 2001-2018, nous avons enregistré une relation modérément négative entre les deux variables (-0.3266), c'est-à-dire qu'en cas de baisse des précipitations les rendements de Deglet Nour augmentent

(Fig. 59). Ce résultat s'ajoute aux résultats obtenus lors de l'analyse en composantes principales des données de l'enquête de terrain, avec les phœniciculteurs âgés de plus de 60 ans, à Sidi Okba et à Tolga ; l'ACP a ressorti de faibles corrélations entre les précipitations et le palmier dattier, que ce soit pour le cycle phénologique ou pour la production en dattes.

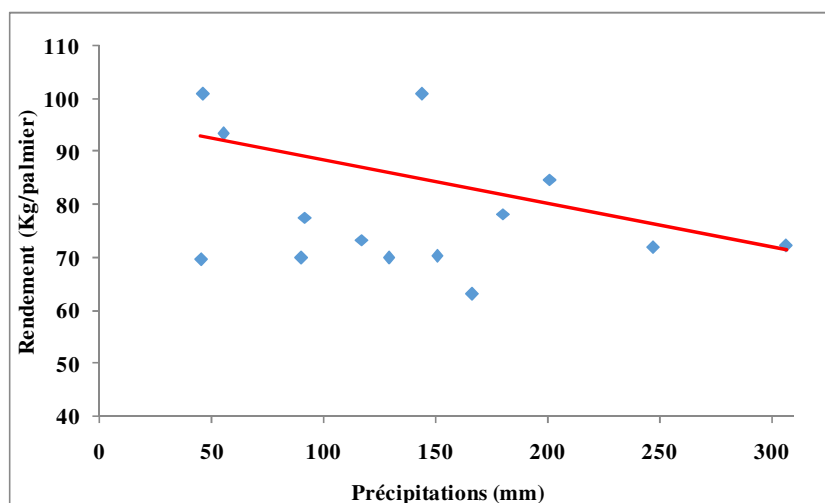


Figure 59 : Relation entre les précipitations et les rendements de Deglet Nour à Biskra.
(Auteur, 2021)

En conclusion, nous pouvons déclarer l'existence de corrélation modérément positive entre l'accroissement des rendements de dattes et la hausse des températures de l'air. Néanmoins, l'influence des températures est plus remarquable sur qualité des dattes (séchage, brunissement et concentration de saccharose).

Par contre, nous avons enregistré l'absence de corrélation entre les précipitations et les rendements de dattes, alors que le coefficient est modérément négatif pour la Deglet Nour à Biskra ; signifiant d'une opposition entre l'évolution des deux paramètres. La dépendance de l'irrigation du palmier dattier aux réservoirs souterrains et la fiabilité des statistiques agricoles disponibles sont, probablement, les causes de ces faibles taux de corrélation. Toutefois, la forte exploitation des eaux souterraines aura une influence négative sur les ressources en eaux d'irrigation (rabattement des nappes). Il faut signaler que les principaux impacts négatifs des pluies, sur la production dattière, sont la pourriture et la fermentation des dattes.

Chapitre IV : Résultats de suivi du cycle phénologique de Deglet Nour dans la région des Ziban

Dans ce chapitre nous présentons les résultats obtenus lors de notre approche expérimentale, qui a pour but, de suivre les principaux stades phénologiques de la Deglet Nour aux Ziban et de ressortir les interactions entre ces stades et les variations thermo-hygrométriques et les précipitations, caractérisant la région ; ainsi de calculer les besoins thermiques nécessaire pour la maturité des dattes.

Pour atteindre ces objectifs, nous avons suivi les stades phénologiques du cultivar Deglet Nour au niveau des cinq palmeraies. La durée de suivi était de :

- quatre (04) années dans les palmeraies de Mangae Bougtaf et de Zaouiet Ben Ouair, de 21 décembre 2015 au 20 décembre 2019.
- deux (02) années au niveau des palmeraies de Dachra, de Lemkimnet et de Zaatcha, de 21 décembre 2017 au 20 décembre 2019. Nous nous sommes limités à deux ans de suivi, à cause de l'indisponibilité des enregistreurs thermo-hygrométriques.

1. Dates du début des principaux stades phénologiques et de la récolte

Les dates du début des principaux stades phénologiques, ainsi que les dates de la récolte, sont mentionnées dans le Tableau 19. En général, les résultats obtenus, ressortent que l'apparition des spathes mâles précède les spathes femelles, sauf à Mangae Bougtaf et à Zaouiet Ben Ouair en 2016, où l'apparition des spathes a été simultanée. Le décalage des spathes mâles est entre deux (02) jours jusqu'à un (01) mois.

L'apparition des spathes est dépendante de la zone de plantation ; elle est à partir de la troisième décennie du mois de janvier dans les palmeraies de Lemkimnet, Mangae Bougtaf, Zaatcha et Zaouiet Ben Ouair. Par contre, elle ne commence, à Dachra située au Nord de la wilaya, qu'à partir de la dernière semaine du mois de février ; les températures enregistrées dans cette palmeraie sont inférieures à ceux enregistrées au niveau des autres palmeraies (voir point 3.1 dans ce chapitre).

L'avancement des dates de l'apparition des spathes en 2019, année caractérisée par des températures élevées par rapport à la moyenne du mois de janvier ; nous avons enregistré une moyenne mensuelle de l'ordre de 14,39 °C à Zaouiet Ben Ouair, 12,75 °C à Mangae Bougtaf, 12,23 °C à Dachra, 11,79 °C à Lemkimnet et 11,67 °C à Zaatcha. Alors que durant la période 1988-2018, la moyenne du mois de janvier était 11,88 °C. Selon Babahani (2011), la poussée des spathes mâles peut commencer après l'enregistrement d'une température moyenne mensuelle de 9,89 °C.

Toutefois, l'éclatement (ou l'ouverture) des spathes mâles est toujours précoce par rapport aux spathes femelles ; la précocité varie d'une (01) journée à 36 jours. Babahani (2011) a signalé que les palmiers mâles fleurissent avant les femelles, parce que le développement végétatif des pieds mâles est plus rapide que celui des pieds femelles. Les "Dokkars" orientent leur développement uniquement vers le développement végétatif ; alors que chez les femelles, il est orienté à la fois vers la végétation et la fructification.

Généralement, l'ouverture des spathes mâles commence à partir de la dernière semaine du mois de février. Elle tarde dans la palmeraie de Dachra, où elle débute en fin du mois de mars. Nous signalons l'exception enregistrée en 2018, dans la palmeraie de Zaouiet Ben Ouaar, où l'ouverture des premières spathes était en fin de la première décade de février. Alors que l'ouverture des spathes femelles débute durant la première décade du mois de mars, dans les palmeraies de Mangae Bougtaf, Zaatcha et Zaouiet Ben Ouaar. Vers le Nord, les spathes femelles s'ouvraient à partir de la dernière semaine de mars à Dachra et la première semaine d'avril à Lemkimnet.

Nous avons constaté que les agriculteurs commençaient l'opération de pollinisation durant la première décade du mois de mars à Mangae Bougtaf, durant la deuxième décade de même mois à Zaatcha et Zaouiet Ben Ouaar, à partir de la première semaine d'avril à Dachra et pendant la dernière semaine d'avril à Lemkimnet ; la pollinisation se poursuit jusqu'à la fin du mois d'avril. Selon Sedra (2003), cette opération peut être prolongée jusqu'à la fin du mois de mai.

Les premières dattes de Deglet Nour, aux Ziban, commençaient à mûrir (modification de la couleur de vert au jaune) à partir de la dernière semaine du mois d'août ; elles arriveraient au stade de la maturité complète des fruits en deuxième décade du mois d'octobre. Selon Babahani et Eddoud (2012), à la maturation des fruits le poids, la morphométrie et le teneur en eau des diminuent d'une manière proportionnelle à la température.

Nous avons noté que les premiers fruits ont arrivé, exceptionnellement, au stade de maturité totale (le fruit prend la couleur brune et commence à s'assécher) durant la deuxième décade du mois de septembre de l'an 2018, à Mangae Bougtaf et à Zaouiet Ben Ouaar (Photo 9). Par contre, les derniers fruits se sont mûrir durant la deuxième décade du mois de novembre de l'an 2016, à Zaouiet Ben Ouaar. D'après Babahani et Eddoud (2012), l'effet de la température est notable sur la maturation des dattes et leur qualité.



Photo 9 : Dattes prématurées dans la palmeraie de Mangae Bougtaf en 2018. (*Originale, 2021*)

La durée du stade de maturité de la datte Deglet Nour varié entre un (01) et deux (02) mois, du début jusqu'à la fin de la maturité. Dans les cinq palmeraies, la récolte des régimes est dépendante de la maturité des dattes et de la disponibilité de la main d'œuvre ; elle commençait durant la deuxième moitié du mois d'octobre et se poursuit jusqu'à la mi-novembre.

L'analyse de variance multivariée, traitant simultanément les dates de début des principaux stades phénologiques, à l'intérieur des cinq palmeraies, ressort l'existence d'un (Annexe 4.1) :

- Effet significatif de l'année agricole sur les dates de l'éclatement des spathes mâles (0,019) et femelles (0,028), sur le début de la maturité des dattes (0,031) et sur les dates de la récolte des régimes (0,002).
- Effet de la palmeraie sur les dates de la fin de la pollinisation (0,023), du début de la maturité (0,024) et de la récolte des régimes (0,020).

De ce fait, l'environnement du palmier dattier influe directement sur le timing de l'éclatement des spathes et de la maturité des fruits, ainsi, il agit sur les dates de la pollinisation et de la récolte des dattes, les principales conditions environnementales sont les facteurs hydro-pédo-climatiques.

Tableau 19 : Dates du début des principaux stades phénologiques et de la récolte de Deglet Nour dans la région des Ziban.

Stades		Dates			
Dachra		2018		2019	
Apparition des spathes	Mâle	23/03		26/02	
	Femelle	29/03		28/02	
Eclatement des spathes	Mâle	06/04		26/03	
	Femelle	08/04		27/03	
Début de la pollinisation		15/04		06/04	
Fin de la pollinisation		28/04		23/04	
Début de la maturité		25/09		10/10	
Fin de la maturité		20/10		25/10	
Récolte		15/11		09/11	
Lemkimnet		2018		2019	
Apparition des spathes	Mâle	25/01		28/01	
	Femelle	25/02		25/02	
Eclatement des spathes	Mâle	28/02		28/02	
	Femelle	01/04		05/04	
Début de la pollinisation		05/04		08/04	
Fin de la pollinisation		28/04		30/04	
Début de la maturité		10/09		10/09	
Fin de la maturité		15/10		25/10	
Récolte		15/11		15/10	
Mangae Bougtaf		2016	2017	2018	2019
Apparition des spathes	Mâle	20/02	18/02	20/01	20/01
	Femelle	20/02	22/02	20/02	18/02
Eclatement des	Mâle	25/02	28/02	20/02	22/02

spathes	Femelle	28/02	02/03	05/03	08/03
Début de la pollinisation		03/03	08/03	10/03	10/03
Fin de la pollinisation		28/04	30/04	08/04	15/04
Début de la maturité		25/08	27/09	28/08	01/09
Fin de la maturité		25/10	30/10	10/09	15/10
Récolte		25/10	30/10	01/11	15/11
Zaatcha		2018		2019	
Apparition des spathes	Mâle	24/01		27/01	
	Femelle	27/01		01/02	
Eclatement des spathes	Mâle	03/03		05/03	
	Femelle	05/03		08/03	
Début de la pollinisation		10/03		12/03	
Fin de la pollinisation		28/03		28/03	
Début de la maturité		10/09		12/09	
Fin de la maturité		10/10		15/10	
Récolte		10/11		06/11	
Zaouiet Ben Ouaar		2016	2017	2018	2019
Apparition des spathes	Mâle	20/02	20/02	10/02	20/01
	Femelle	20/02	25/02	20/02	05/02
Eclatement des spathes	Mâle	01/03	05/03	25/02	10/02
	Femelle	05/03	10/03	20/03	05/03
Début de la pollinisation		10/03	15/03	25/03	20/03
Fin de la pollinisation		10/04	15/04	18/04	16/04
Début de la maturité		01/10	10/10	20/08	15/09
Fin de la maturité		20/11	10/11	20/09	10/10
Récolte		25/11	15/11	20/10	10/11

(Auteur, 2021)

La durée des stades phénologiques de Deglet Nour aux Ziban est variable (Tableau 20). Généralement, l'apparition des spathes commence en fin du mois de janvier et se poursuit jusqu'à la fin du mois d'avril. Selon Sedra (2003), la période de la floraison du palmier dattiers s'étale du janvier à avril ; alors que Babahani (2011) a annoncé qu'elle peut s'allonger jusqu'à mai.

Dans les palmeraies de Biskra, l'ouverture des spathes est progressive tout au long de la période février-avril ; néanmoins, l'éclatement des spathes mâles précède les spathes femelles.

Le début de la maturité des dattes Deglet Nour aux Ziban commence en mois d'août et se poursuit jusqu'à octobre ; alors que dans des cas limités, il s'est avancé temporellement au mois de juillet. Pour la maturité complète des fruits, elle est entre septembre et novembre.

Tableau 20 : Stades phénologiques de Deglet Nour aux Ziban.

Stade et période	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembr	Octobre	Novembre	Décembre
Repos végétatif												

Apparition des spathes mâles												
Apparition des spathes femelles												
Ouverture des spathes mâles												
Ouverture des spathes femelles												
Pollinisation												
Début de la maturité												
Fin de la maturité												

(Auteur, 2021)

Dans la région des Ziban, l'apparition des spathes commence durant la dernière semaine du mois de janvier ; par contre, elle ne commence qu'en fin du mois de mars dans les palmeraies du Nord de la région. Généralement les spathes mâles apparaîtraient avant les spathes femelles, l'intervalle peut atteindre jusqu'à un (01) mois ; ce stade s'étale sur la période allant de la fin du mois de janvier jusqu'à la fin du mois d'avril.

En comparant nos résultats avec les données recueillies auprès des phœniciculteurs de la région et certaines institutions de recherche et agents de la profession en 2015 (ONFAA, 2016a, 2016b), nous constatons qu'il y a un avancement des dates de l'apparition des spathes à Biskra, surtout les Dokkar. Au début de ce millénaire, ce stade débutait en deuxième partie du mois de février (Bchini, 2006) ; alors que Dowson (1982), a avancé que l'apparition des spathes eût été durant la période mars-avril.

Le facteur principal de l'avancement temporel de l'apparition des spathes de Deglet Nour dans la région des Ziban est l'augmentation de la température de l'air (+1,10 °C pour les minimales et +1,31 °C pour les maximales), due au réchauffement climatique global. Nous pouvons ajouter à ce facteur, la fertilisation azotée précoce des palmiers (en mois d'octobre) ; fait que nous avons constaté lors de nos sorties de terrain.

Ainsi, la hausse de la température moyenne de l'air, d'environ 2 °C durant un intervalle de temps de 69 ans (1951-2019), a imposé ses impacts sur les autres opérations appliquées sur les dattes ; car l'ouverture des spathes mâles débute en fin du mois de février, suivie par les spathes femelles de la Deglet Nour, au début du mois de mars. Alors que l'éclatement des spathes se poursuit jusqu'à la fin du mois d'avril.

Actuellement, la pollinisation aux Ziban est réalisée durant les mois du mars et d'avril. Cette opération s'étalait jusqu'au mois de mai durant les années soixante et soixante-dix de siècle précédent (Toutain, 1967 ; Munier, 1973). Selon Babahani et Eddoud (2012), l'augmentation du poids et la morphologie des dattes nécessitent des températures élevées, ils atteignent leur maximum à des températures qui dépassent 30 °C.

En fin du mois d'août, les premières dattes de Deglet Nour, qui est une variété tardive, commençaient à mûrir. La maturation des dattes, considéré demi-molles, prenne plus de temps ; jusqu'à la fin du mois de novembre. La majorité des régimes murissent pendant la période octobre-novembre ; mais les palmiers affectés par une période de stress hydrique et/ou de vagues de chaleur peuvent produire des régimes asséchés, qui arrivent au terme de maturité en mois de septembre (Photo 10).



Photo 10 : Dattes asséchées dans la palmeraie de Lemkimnet en 2018. (*Originale, 2021*)

Les opérations de la récolte des dattes Deglet Nour sont réalisées, manuellement, en mois d'octobre et de novembre ; selon ONFAA (2016b) ces opérations se poursuivaient, au passé, jusqu'au mois de décembre. Nous signalons que durant les années de la réalisation de ce travail (2015-2020), la maturité des fruits a connu un avancement temporel, où des agriculteurs commençaient la récolte des régimes asséchés de Deglet Nour et/ou des régimes prématurés, durant la deuxième décade du mois de septembre.

2. Durée des principaux stades phénologiques

Le suivi des stades phénologiques du cultivar Deglet Nour, au niveau des cinq palmeraies, nous a permis de calculer la durée de chaque stade. Le calcul des durées citées dans le Tableau 21, est basé sur les dates d'observations sur le premier palmier (précoce) et le troisième palmier (tardif) dans chaque palmeraie.

Il ressort des observations, effectuées entre 2016 et 2019, que la durée entre l'apparition et l'éclatement des spathes femelles variée entre une (01) semaine et six (06) semaines ; les spathes qui s'ouvraient après une (01) à deux (02) semaines ne produisaient pas des régimes de dattes ou elles ont produit des dattes sèches et de petits calibres (2-3 cm de longueur). En général, cet intervalle est court dans les palmeraies de Dachra, Mangae Bougtaf et Zaouiet Ben Ouair (1-4 semaines) ; alors qu'il est de 5 à 6 semaines à Lemkimnet et Zaatcha.

Généralement, le temps nécessaire pour que la datte de Deglet Nour débute sa maturité, à compter de la date de l'apparition des spathes femelles, est de 26-36 semaines. L'année 2018 été caractérisée par le raccourcissement de cette durée dans toutes les palmeraies (26-33 semaines), comparativement par les enregistrements des autres années de suivi ; néanmoins, les dattes à Zaouiet Ben Ouair ont besoin de plus de temps pour rentrée en maturité.

De même, pour la maturité complète des dattes en 2018, où la période été abaissée à moins de 38 semaine ; alors que la moyenne générale nécessaire pour la maturité des fruits, dans la région d'étude, est de 28 à 41 semaines.

Si nous tenons en compte la date de pollinisation (fécondation), la datte Deglet Nour a besoin de 17 à 27 semaines pour qu'elle entreprenne sa maturité. L'analyse des résultats du suivi a ressorti que cette période est plus courte au niveau de la palmeraie de Lemkimnet (19-23 semaines), située dans la plaine d'El-Outaya ; cette région est une succession de terres exploitées dans les différents programmes de subventionnés par l'état, comme elle est caractérisée, aussi, par l'exploitation des eaux d'irrigation proviennent du barrage de Menbaâ El Ghozlane.

La Deglet Nour de Biskra requiert entre 22 et 37 semaines pour mûrir complètement, à partir de la date de la pollinisation (Fig. 60). Cette durée s'est diminuée, au fil de temps, dans la palmeraie de Zaouiet Ben Ouair, passant de 32-37 semaines en l'an 2016 à 25-29 semaines en l'an 2019 ; le signifiant de ce rétrécissement de la période, est la couverture des besoins nécessaires pour la maturation des dattes, principalement les besoins thermiques.

En fin, nous signalons la variabilité interannuelle de la durée de chaque stade phénologique de Deglet Nour, suite aux changements environnementaux (variabilité climatiques, disponibilité et qualité des eaux d'irrigation, fertilisation, entretien du palmier et de la palmeraie, etc.).

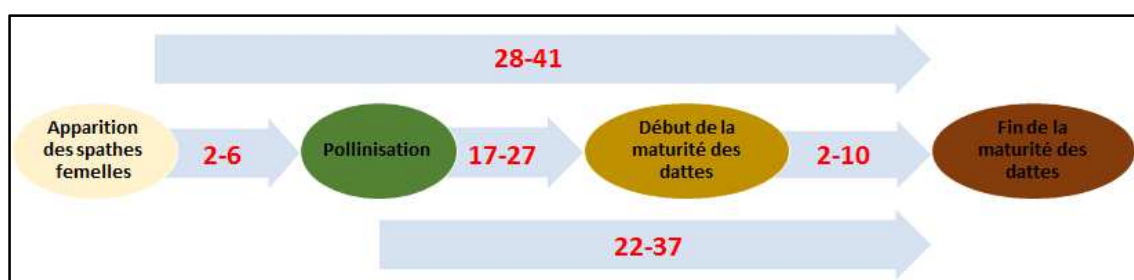


Figure 60 : Durée de la maturité des dattes de Deglet Nour aux Ziban (semaines). (Auteur, 2021)

Le test statistique MANOVA nous a décollé l'existence d'un (Annexe 4.2) :

- Effet significatif de l'interaction "Année agricole - Palmeraie" sur le stade Apparition-Eclatement des spathe (0,003).
- Effet significatif de l'année agricole sur le stade allant de l'apparition des spathe jusqu'à la fin de la maturité des dattes (0,038) et la période Pollinisation-Début de maturité (0,003).
- Effet significatif de la palmeraie sur les stades Apparition-Eclatement des spathe (0,001), Pollinisation-Début de maturité (0,047) et Pollinisation-Fin de maturité (0,043).

Les résultats de l'analyse de variance multivariée ressortent un impact direct des conditions existantes à l'intérieur des palmeraies et de la variation interannuelles de ces conditions sur la durée des différents stades phénologiques de Deglet Nour, dans la région des Ziban. En plus de l'alternance physiologique, l'état d'entretien des palmiers, les apports hydriques et en fertilisants, Sedra (2003) a expliqué que la variation climatique a une influence sur le

développement du palmier et de la datte ; la température de l'air est le principal paramètre météorologique influençant le cycle intra et interannuel du développement de *Phoenix dactylifera*.

Tableau 21 : Durée des principaux stades phénologiques de Deglet Nour dans la région des Ziban (en jours).

Stades	Années			
Dachra	2018	2019		
De l'apparition jusqu'à l'éclatement des spathes femelles	11-15	28-29		
De l'apparition des spathes femelles jusqu'au début de la maturité des dattes	181-187	223-225		
De l'apparition des spathes femelles jusqu'à la fin de la maturité des dattes	200-206	238-240		
De la date de la pollinisation jusqu'au début de la maturité des dattes	151-164	171-188		
De la date de la pollinisation jusqu'à la fin de la maturité des dattes	176-189	186-203		
Lemkimnet	2018	2019		
De l'apparition jusqu'à l'éclatement des spathes femelles	35-36	32-40		
De l'apparition des spathes femelles jusqu'au début de la maturité des dattes	198-230	228-246		
De l'apparition des spathes femelles jusqu'à la fin de la maturité des dattes	233-256	243-259		
De la date de la pollinisation jusqu'au début de la maturité des dattes	136-159	134-156		
De la date de la pollinisation jusqu'à la fin de la maturité des dattes	171-194	179-201		
Mangae Bougtaf	2016	2017	2018	2019
De l'apparition jusqu'à l'éclatement des spathes femelles	6-9	9-11	14-32	19-32
De l'apparition des spathes femelles jusqu'au début de la maturité des dattes	188-197	218-231	190-208	196-209
De l'apparition des spathes femelles jusqu'à la fin de la maturité des dattes	249-255	251-268	203-221	240-259
De la date de la pollinisation jusqu'au début de la maturité des dattes	119-176	151-204	143-172	140-176
De la date de la pollinisation jusqu'à la fin de la maturité des dattes	180-237	184-237	156-185	184-220
Zaatcha	2018	2019		
De l'apparition jusqu'à l'éclatement des spathes femelles	38-39	36-38		
De l'apparition des spathes femelles jusqu'au début de la maturité des dattes	227-230	224-237		
De l'apparition des spathes femelles jusqu'à la fin de la maturité des dattes	257-262	257-263		
De la date de la pollinisation jusqu'au début de	167-185	169-185		

la maturité des dattes				
De la date de la pollinisation jusqu'à la fin de la maturité des dattes	197-215		202-218	
Zaouiet Ben Ouaar	2016	2017	2018	2019
De l'apparition jusqu'à l'éclatement des spathe femelles	11-15	12-14	16-29	22-29
De l'apparition des spathe femelles jusqu'au début de la maturité des dattes	225-236	228-242	182-211	223-249
De l'apparition des spathe femelles jusqu'à la fin de la maturité des dattes	275-290	259-271	213-235	248-270
De la date de la pollinisation jusqu'au début de la maturité des dattes	175-206	179-210	125-149	153-179
De la date de la pollinisation jusqu'à la fin de la maturité des dattes	225-256	210-241	156-180	178-204

(Auteur, 2021)

Selon plusieurs auteurs (Toutain, 1967 ; Bounaga, 1991 ; ONFAA, 2016b ; Amrani, 2018), la durée moyenne nécessaire pour la maturité des dattes à Biskra, est de 100 à 200 jours. Dans les zones de la présente étude, nous avons constaté que le fruit de la Deglet Nour a besoin d'un intervalle plus long pour compléter sa maturation ; cet intervalle, qui commence au jour de la pollinisation, est de 156 à 256 jours. Cette durée était courte en l'an 2018 (156-237 jours), ce raccourcissement marqué dans toutes les palmeraies est dû, probablement, aux fortes températures de l'air enregistrées à l'intérieur des cinq palmeraies, durant le mois le plus chaud de l'année (juillet) ; les enregistrements ont indiqué 34,95 °C à Dachra, 36,47 °C à Lemkimnet, 36,26 °C à Mangae Bougtaf, 36,03 °C à Zaouiet Ben Ouaar et 37,21 °C à Zaatcha.

La température moyenne du mois de juillet durant la période 1988-2019, enregistrée dans la station météorologique de Biskra, été de 34,66 °C ; alors que la moyenne du même mois en 2018 été de 37,1 °C. Il est clair, de ces chiffres, que le réchauffement planétaire influe directement sur la durée des stades phénologique du cultivar Deglet Nour dans la région des Ziban.

De mêmes chiffres, nous pouvons distinguer que le microclimat 'Jardin phœnicicole' a crée une fraîcheur, où la différence de températures moyennes de l'air, enregistrées à l'intérieur et en dehors des palmeraies, peut dépassée 1 °C.

3. Relation entre les conditions climatiques et le cycle phénologique de Deglet Nour dans la région des Ziban

D'après Da Silva (2009), les impacts des changements climatiques sur le secteur de l'agriculture ont vraiment pris son envol au début des années 1980. Depuis, diverses avenues ont été explorées et modéliser de la façon la plus réaliste, l'impact des changements climatiques sur ce secteur, c'est d'abord une différenciation géographique qui est venue catégoriser les premières approches utilisées. Généralement, les études montrent que, bien que l'agriculture serait affectée par les changements climatiques, cela ne mettrait pas en péril

l'alimentation mondiale (Pagney, 1994 ; Rosenzweig et Parry, 1994 ; Adams et al, 1995 ; Darwin et al, 1995).

Cependant, ces mêmes études ont également présenté une importante hétérogénéité entre les régions d'un même pays. En fait, l'impact réel dans une région spécifique varie selon plusieurs facteurs, dont les conditions climatiques actuelles et futures, mais également en fonction des conditions du sol, de l'utilisation des terres et types de cultures (Smith et al, 1992).

Afin de ressortir les caractéristiques du microclimat de la région des Ziban et son influence sur la Deglet Nour, nous avons suivi le cycle phénologique de cette variété au niveau des cinq palmeraies retenues.

3.1. Variation de la température de l'air et des dates du début des principaux stades phénologiques

Durant la période allant de la fin 2015 jusqu'à la fin 2019, nous avons enregistré les données de températures minimales et maximales à l'intérieur des cinq palmeraies, où nous avons utilisé des capteurs thermo-hygromètres. Les résultats obtenus sont représentés graphiquement dans les Figures 61, 62, 63, 64 et 65.

Les dates du début des stades phénologiques sont représentées par des lignes verticales colorées en :

- vert, pour l'apparition des spathes femelles.
- bleu, désigne l'éclatement des spathes femelles.
- marron, signifie la pollinisation.
- orange, indique le début de la maturité.
- noir, annonce la fin de la maturité.

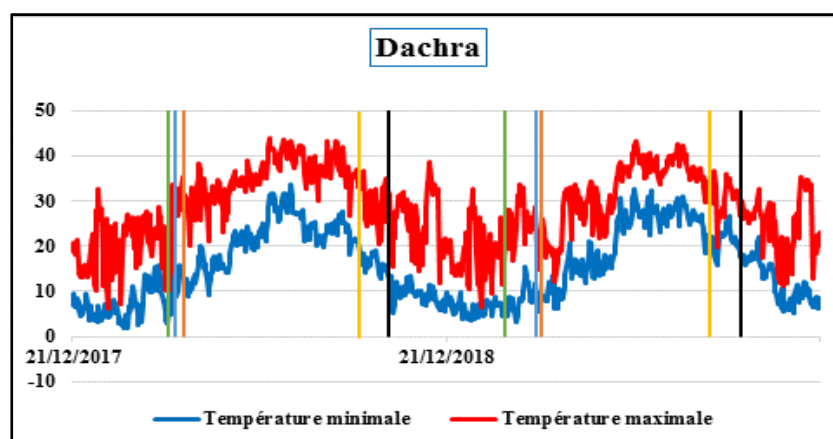


Figure 61 : Variation de la température quotidienne de l'air et des dates du début des stades phénologiques à Dachra (en °C). (Auteur, 2021)

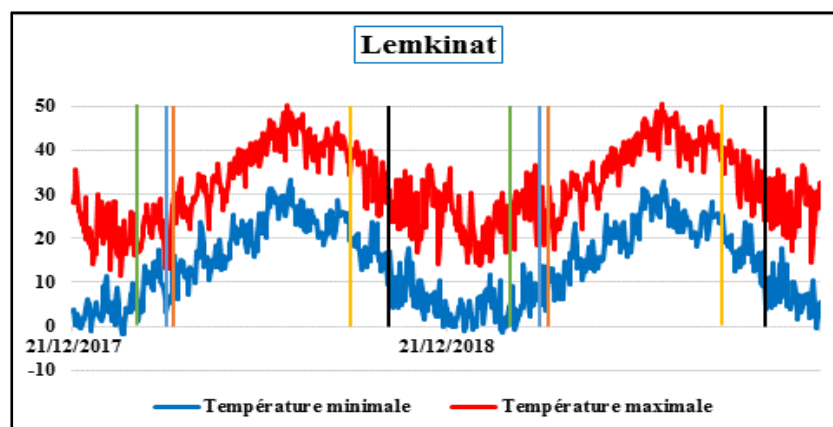


Figure 62 : Variation de la température quotidienne de l'air et des dates du début des stades phénologiques à Lemkinet (en °C). (Auteur, 2021)

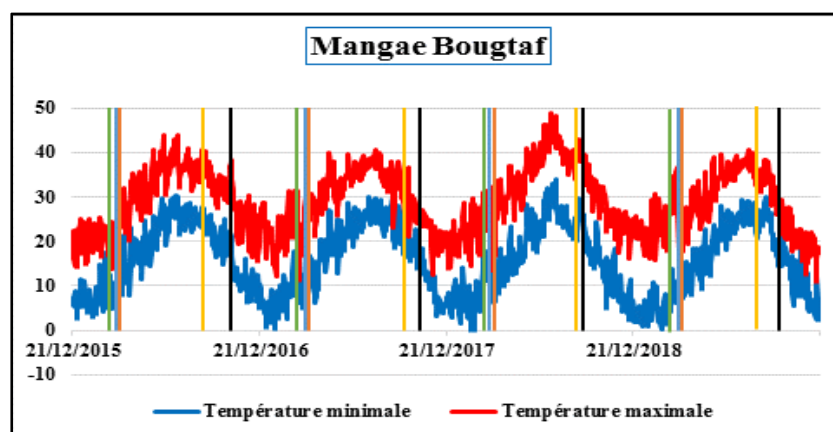


Figure 63 : Variation de la température quotidienne de l'air et des dates du début des stades phénologiques à Mangae Bougtaf (en °C). (Auteur, 2021)

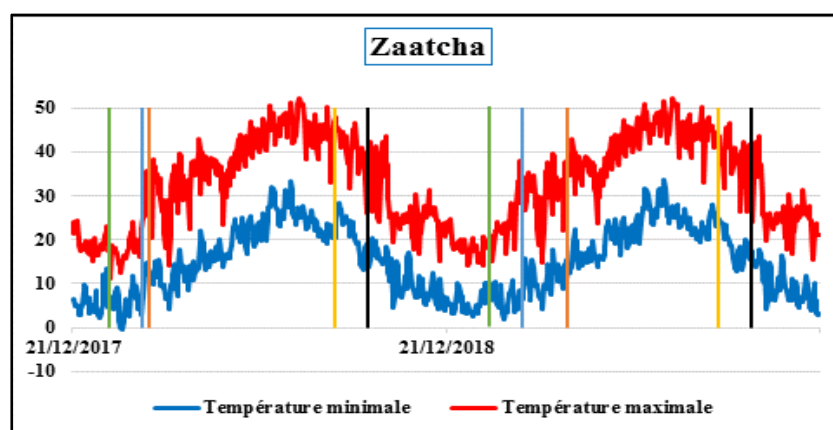


Figure 64 : Variation de la température quotidienne de l'air et des dates du début des stades phénologiques à Zaatcha. (Auteur, 2021)

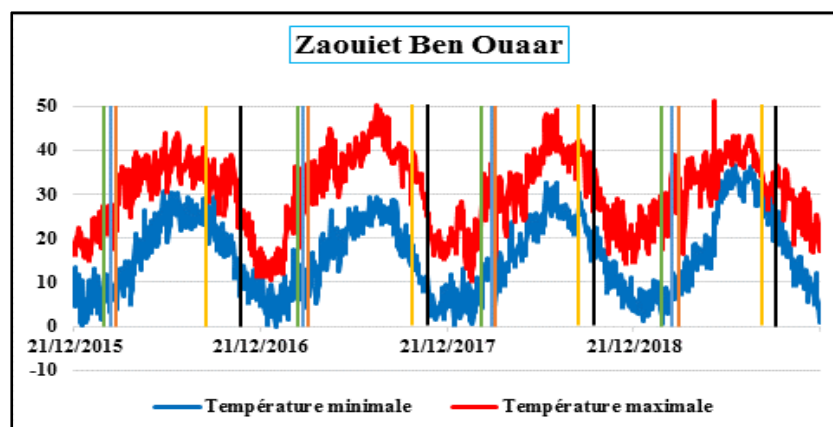


Figure 65 : Variation de la température quotidienne de l'air et des dates du début des stades phénologiques à Zaouiet Ben Ouaar. (Auteur, 2021)

Le suivi du cycle phénologique de Deglet Nour, au niveau de cinq palmeraies dans la wilaya de Biskra, nous a permis d'observer l'existence d'une synchronisation entre l'augmentation des températures (minimales et maximales), d'une part, et les dates de l'apparition des spathes et le début de maturité des dattes, d'une autre part.

Généralement, l'apparition des spathes débute après que la température de l'air commence sa tendance vers la hausse, fréquemment au début du mois de janvier ; tout au long de la période d'accroissement des températures (février-avril), les spathes s'éclataient. Néanmoins, le stade d'ouverture des spathes femelles, à Lemkimnet et à Zaatcha, exige plus de temps ; dans ces deux palmeraies, la température maximale de l'air était inférieure ou avoisinant les 30 °C.

La maturité des dattes de Deglet Nour aux Ziban, commence après les fortes températures de l'air enregistrées en juillet et au début d'août ; la température moyenne du mois de juillet à l'intérieur des palmeraies été de 33,57 °C à Dachra, 36,48 °C à Lemkimnet, 32,57 °C à Mangae Bougtaf, 34,38 °C à Zaouiet Ben Ouaar et 37,21 °C à Zaatcha.

Ainsi énumérer, la tendance à la hausse de la température de l'air est un facteur déterminant du déclenchement de l'activité végétative du palmier dattier et du cycle phénologique du développement des dattes, que ce soit pour l'apparition et l'ouverture des spathes ou pour la maturité des fruits.

Selon Mazoyer et al (2002), l'induction florale est très souvent liée à l'action de la température, parfois aussi de la lumière ; une mise à fleur n'aura lieu que si des températures optimales sont atteintes. En général, dans la région de la présente étude, le début de l'apparition des spathes ne commence que si la température moyenne mensuelle de l'air du mois précédent dépasse les 11 °C pour les spathes mâles (Tableau 22) ; elle varie entre 2,93 °C pour les minimales et 22,38 °C pour les maximales. Nous signalons que les minimas enregistrées à Dachra sont les plus élevées (9,41 °C en 2018 et 6,53 °C en 2019), par rapport aux autres palmeraies de la région.

Les mêmes observations ont été enregistrées chez les spathes femelles de la Deglet Nour (+11 °C pour les températures moyennes) ; mais les extrêmes varient entre 3,91 °C pour les

minimas et 23,05 °C pour les maximas. Néanmoins, les minimales enregistrées dans la palmeraie du Nord de la wilaya (Dachra), sont supérieures aux températures des autres palmeraies ; elles sont de 9,59 °C en 2018 et de 6,43 °C en 2019.

Si nous considérant, seulement, la décadaire précédente l'apparition des spathes, la température moyenne de l'air doit être supérieure à 10 °C chez les Dokkars (sauf l'exception enregistrée en 2018 dans la palmeraie de Zaouiet Ben Ouair, 9,78 °C) ; où elle varie entre 3,66 °C pour les minimas et 24,92 °C pour les maximas. Généralement, les minimales sont supérieures à 4 °C, alors que les maximales sont au-dessus des 17 °C.

Par la même considération, les températures moyennes de l'air enregistrées avant l'apparition des spathes femelles de la Deglet Nour aux Ziban, sont supérieures à 12 °C ; avec un intervalle allant de 2,76 °C pour les températures minimales jusqu'à 25,26 °C pour les maximales. Les minimas sont supérieurs à 5 °C et les maximas dépassent les 19 °C.

Il ressort en général, que les besoins thermiques des palmiers mâles, dans la région des Ziban, sont moins élevés par rapport aux exigences des palmiers femelles de la variété 'Deglet Nour'.

Tableau 22 : Températures de l'air enregistrées avant l'apparition des spathes aux Ziban (en °C).

Température		Minimale		Maximale		Moyenne	
Palmeraies		Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle
Moyenne du mois précédent la date du début de l'apparition des spathes							
Dachra	2018	9,41	9,59	21,96	22,13	15,68	15,86
	2019	6,53	6,43	19,45	19,79	12,99	13,11
Lemkimnet	2018	3,45	3,98	22,38	19,81	12,91	11,89
	2019	2,93	3,91	20,11	23,05	11,52	13,48
Mangae Bougtaf	2016	7,56	7,56	21,81	21,81	14,68	14,68
	2017	7,08	7,81	21,91	22,91	14,49	15,36
	2018	6,36	5,91	19,87	22,64	13,11	14,27
	2019	3,30	5,55	21,35	22,91	12,32	14,23
Zaatcha	2018	5,88	5,94	18,68	18,36	12,28	12,15
	2019	5,17	5,56	17,53	17,58	11,35	11,57
Zaouiet Ben Ouair	2016	5,47	5,47	22,03	22,03	13,75	13,75
	2017	5,45	6,61	18,70	20,40	12,07	13,50
	2018	5,35	5,97	19,80	17,90	12,57	11,93
	2019	4,74	5,71	20,77	23,04	12,75	14,37
Moyenne des dix jours précédents la date du début de l'apparition des spathes							
Dachra	2018	9,37	5,89	20,85	19,03	15,11	12,46
	2019	6,31	6,03	23,51	23,28	14,91	14,65
Lemkimnet	2018	5,49	6,00	23,68	20,32	14,58	13,16
	2019	4,00	2,76	17,70	23,19	10,85	12,97
Mangae Bougtaf	2016	10,50	10,50	21,95	21,95	16,22	16,22
	2017	8,06	8,86	23,80	25,00	15,93	16,93
	2018	5,77	5,83	19,33	24,51	12,55	15,17
	2019	3,66	3,12	19,67	24,96	11,66	14,04

Zaatcha	2018	6,78	7,36	19,18	19,42	12,98	13,39
	2019	5,45	7,69	16,77	17,56	11,11	12,62
Zaouiet Ben Ouair	2016	6,57	6,57	23,25	23,25	14,91	14,91
	2017	5,21	8,96	24,92	25,26	15,06	17,11
	2018	4,09	6,88	15,48	19,43	9,78	13,15
	2019	4,60	7,61	20,42	24,92	12,51	16,26

(Auteur, 2021)

Les résultats enregistrés durant la réalisation de la présente étude sont inférieures à ceux notés par plusieurs auteurs, qui ont cités que la température optimale de la floraison du palmier dattier varie entre 17 et 27 °C (Swingle, 1928 ; Bounaga, 1991 ; Zaid et De Wet, 2002).

La maturité des dattes de Deglet Nour à Biskra débute après la période chaude qui s'étale sur les trois mois de juin à août. La moyenne mensuelle du mois précédent le début du stade de maturité varie entre 25 et 33 °C ; où les minimas varient entre 19,55 et 28,38 °C, alors que les maximas sont de 29,69-44,26 °C (Tableau 23).

Si nous considérons, seulement, les températures enregistrés avant dix jours du début de la maturité des dattes, nous constatons que les températures moyennes de l'air enregistrés à l'intérieur de la palmeraie varient entre 25 et 34 °C ; elles sont de 18,33 à 26 °C pour les minimales et de 28,68-44,59 °C pour les maximales.

Les résultats enregistrés dans les palmeraies de Biskra sont aussi supérieures au seuil cité par Sedra (2001), qui a mentionné que la somme des températures moyennes journalières, depuis la floraison jusqu'à la maturité des dattes, doit être supérieure à 18 °C.

Tableau 23 : Températures de l'air enregistrées avant le début de la maturité des dattes Deglet Nour aux Ziban (en °C).

Température		Minimale	Maximale	Moyenne
Moyenne du mois précédent le début de la maturité des dattes				
Dachra	2018	23,62	37,65	30,63
	2019	20,77	29,69	25,23
Lemkimnet	2018	23,14	41,24	32,19
	2019	22,94	41,57	32,25
Mangae Bougtaf	2016	25,36	36,56	30,96
	2017	23,89	33,13	28,51
	2018	24,12	39,20	31,66
	2019	25,52	35,55	30,53
Zaatcha	2018	23,12	44,03	33,57
	2019	22,95	44,26	33,60
Zaouiet Ben Ouair	2016	23,42	32,91	28,16
	2017	19,55	38,13	28,84
	2018	26,37	40,19	33,28
	2019	28,38	33,18	30,78
Moyenne des dix jours précédents le début de la maturité des dattes				
Dachra	2018	21,65	34,85	28,25

	2019	18,33	28,68	23,50
Lemkimnet	2018	24,08	42,71	33,39
	2019	23,88	43,01	33,44
Mangae Bougtaf	2016	25,39	36,27	30,83
	2017	23,00	33,86	28,43
	2018	22,01	37,91	29,96
	2019	24,85	33,83	29,34
Zaatcha	2018	24,49	44,47	34,48
	2019	24,42	44,59	34,50
Zaouiet Ben Ouair	2016	20,24	30,53	25,38
	2017	18,82	36,65	27,73
	2018	25,15	37,93	31,54
	2019	26,00	29,77	27,88

(Auteur, 2021)

La dormance des plantes est déterminée par divers facteurs biologiques et du milieu comme la température, la lumière et la sécheresse. La levée progressive de cette dormance dépend le plus souvent de la durée et de l'intensité des basses températures (Mazoyer et al, 2002).

Plusieurs auteurs s'accordent que le zéro de végétation du palmier dattier est 10 °C, en dessous de cette température le dattier diminue son activité végétative et rentre en 'repos végétatif' (Toutain, 1972 ; Si Bennasseur, 2005) ; on se base sur ce seuil, le palmier de Deglet Nour rentre en repos végétatif pendant la période allant de novembre jusqu'à mars (Tableau 24).

La durée de ralenti végétatif varie d'une palmeraie à une autre, souvent, elle est en mois de décembre dans les palmeraies de Lemkimnet et de Mangae Bougtaf ; alors qu'elle s'étale sur la période novembre-janvier dans les palmeraies de Zaatcha et de Zaouiet Ben Ouair. La période de ralentissement est plus longue au niveau de la palmeraie de Dachra (de novembre à mars) ; la région d'El-Kantara est caractérisée par son microclimat doux en hiver, où la fente existante entre les gorges crée un couloir de vents froid.

Tableau 24 : Périodes d'enregistrement des températures moyennes inférieures à 10 °C.

Palmeraie	Année			
	2016	2017	2018	2019
Dachra	/	/	Janvier-Février-Mars et Novembre-Décembre	Janvier-Février et Novembre-Décembre
Lemkimnet	/	/	Décembre	Décembre
Mangae Bougtaf	Décembre	Décembre	Décembre	Décembre
Zaatcha	/	/	Janvier et Novembre-Décembre	Janvier et Novembre-Décembre
Zaouiet Ben	Janvier et	Janvier et	Janvier et	Janvier et

Ouaar	Novembre- Décembre	Novembre- Décembre	Novembre- Décembre	Novembre- Décembre
--------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

(Auteur, 2021)

Nous signalons que l'intervalle des températures enregistrées à l'intérieur des palmeraies varie entre -1,7 °C et 52,2 °C ; les modères extrêmes sont enregistrées dans le Nord de la Wilaya, à Dachra (1,9 et 43,9 °C). En général, les extrêmes minimales sont enregistrées durant le mois de février et les maximales en mois de juillet (Tableau 25). Selon Bounaga (1991), les palmiers adultes résistent jusqu'à -9, voir -15 °C et l'activité végétative se poursuivre jusqu'à 45 °C, alors que l'intensité maximale de végétation est entre 32-38 °C.

Tableau 25 : Températures absolues enregistrées à l'intérieur des palmeraies (en °C).

Palmeraie	Température			
	Minimale	Date	Maximale	Date
Dachra	1,9	12/02/2018	43,9	01/07/2018
Lemkimnet	-1,7	08/02/2018	50,7	19/07/2019
Mangae Bougtaf	0,2	14/02/2018	48,2	22/07/2018
Zaatcha	-0,6	07/02/2018	52,2	30/07/2019
Zaouiet Ben Ouaar	0	19 et 20/01/2017	50,4	06/08/2017

(Auteur, 2021)

3.2. Variation mensuelle de l'amplitude thermique

La différence moyenne mensuelle entre les températures maximales et les températures minimales ($T_{max} - T_{min}$) à l'intérieur des cinq palmeraies est représenté dans les figures 66, 67, 68, 69 et 70. Dans l'ensemble des palmeraies, l'amplitude thermique varie entre 6,05 °C et 25,15 °C ; elle est entre :

- 9,44 °C (septembre 2019) et 16,77 °C (avril 2018), à Dachra.
- 12,79 °C (mars 2018) et 25,15 °C (décembre 2019), à Lemkimnet.
- 9,63 °C (septembre 2017) et 19,38 °C (février 2019), à Mangae Bougtaf.
- 11,93 °C (janvier 2019) et 21,31 °C (août 2019), à Zaatcha.
- 6,05 °C (août 2019) et 20,33 °C (avril 2017), à Zaouiet Ben Ouaar.

Généralement, l'exposition au soleil influe sur la variation de l'amplitude thermique à l'intérieur des palmeraies ; mais, d'autres facteurs peuvent accentuer cette variation, tels que la vitesse et la direction du vent, le taux d'humidité relative de l'air, les cultures appliquées et leurs densités, la disponibilité de l'eau d'irrigation et l'humidité du sol. De ce fait, l'amplitude varie d'une palmeraie à une autre et de même pour les saisons.

Néanmoins, il ressort de l'analyse spatiotemporelle des données de l'amplitude thermique, enregistrées dans les palmeraies de Biskra, que la différence entre les températures diurnes et nocturnes n'est pas un variable limitant pour le développement de la datte de Deglet Nour ; de ce fait, c'est la somme des températures cumulées durant toute la journée qui détermine la netteté des différents stades phénologiques du dattier.

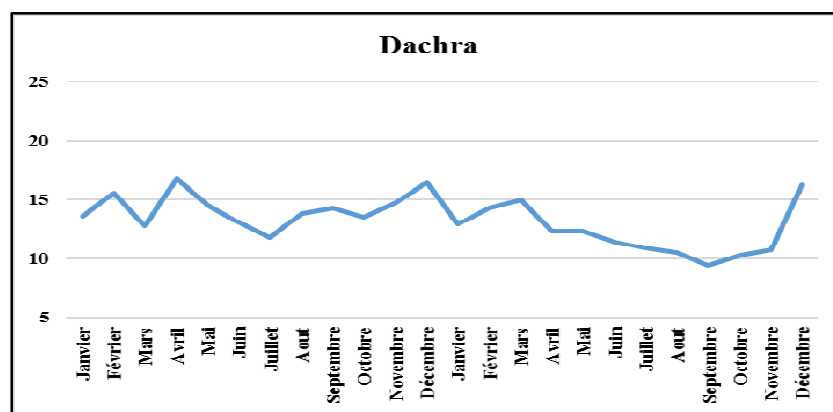


Figure 66 : Variation mensuelle de l'amplitude thermique dans la palmeraie de Dachra.
(Auteur, 2021)

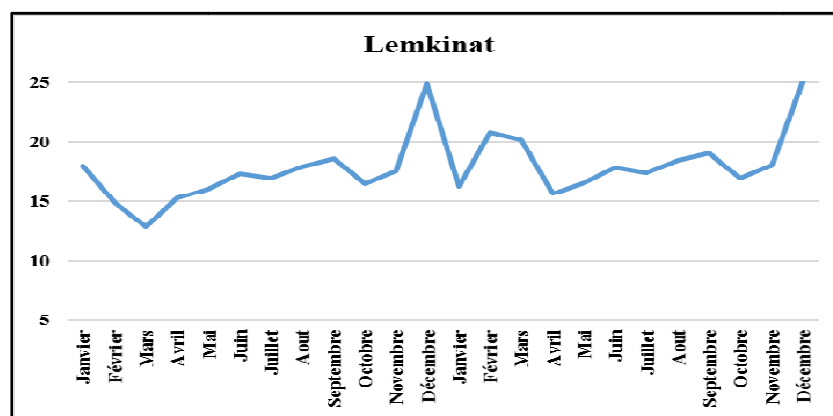


Figure 67 : Variation mensuelle de l'amplitude thermique dans la palmeraie de Lemkimnet.
(Auteur, 2021)

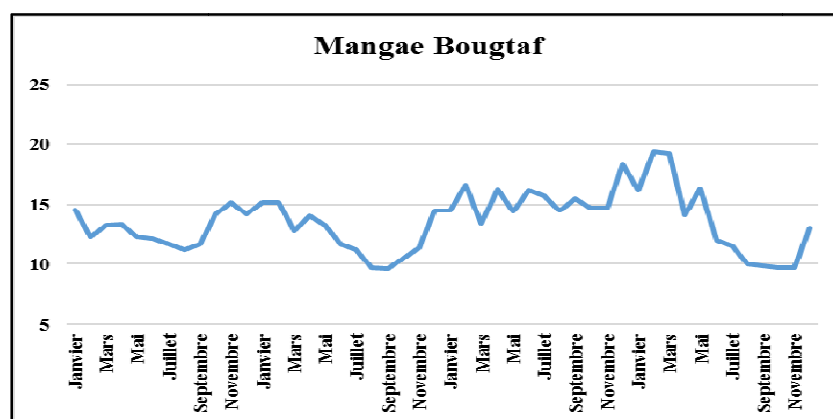


Figure 68 : Variation mensuelle de l'amplitude thermique dans la palmeraie de Mangae Bougtaf. (Auteur, 2021)

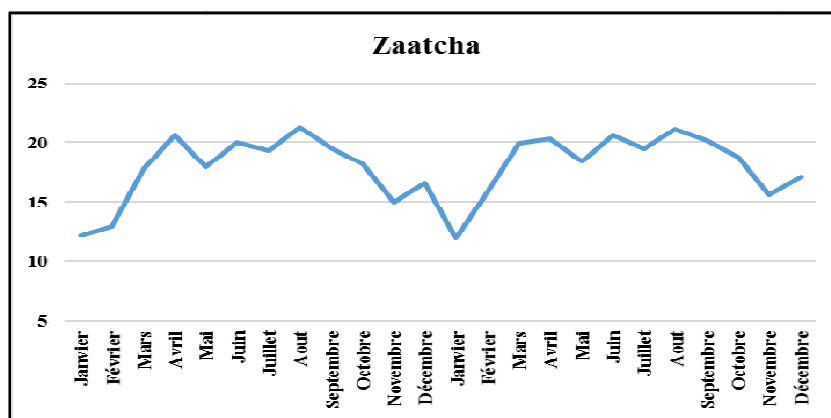


Figure 69 : Variation mensuelle de l'amplitude thermique dans la palmeraie de Zaatcha. (Auteur, 2021)

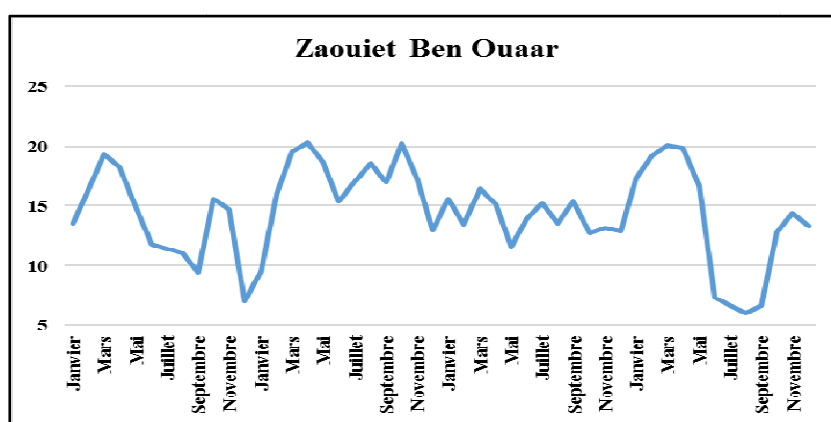


Figure 70 : Variation mensuelle de l'amplitude thermique dans la palmeraie de Zaouiet Ben Ouaar. (Auteur, 2021)

3.3. Variation mensuelle des conditions thermohygrométriques

Le palmier dattier est une espèce thermophile, il atteint son intensité maximale de végétation entre 32 °C et 38 °C. Les palmiers adultes tolèrent des températures inférieures à 0 °C et supérieures à 50 °C ; comme ils peuvent résister au gel (jusqu'à -15 °C). La floraison déclenche lorsque la température moyenne journalière s'élève et atteint un seuil, appelé zéro de floraison, qui varie entre 17 °C et 24 °C ; selon les régions phœnicicoles (Sedra, 2003 ; Babahani, 2011).

Tout au long du cycle de fructification de Deglet Nour dans la région des Ziban, les conditions climatiques à l'intérieur des palmeraies se sont caractérisées par des températures élevées et des taux d'humidité faibles (Fig. 71, 72, 73, 74 et 75). Par contre, nous avons enregistré durant la période de ralentissement de l'activité végétative, des baisses de températures et des taux d'humidité plus élevés, par rapport aux moyennes enregistrées durant la période estivale.

En général, la température moyenne mensuelle dans les palmeraies des Ziban, varie entre 9,04 °C, durant la période froide et, 37,39 °C durant la période chaude. Selon la distribution spatiale, la température moyenne bascule entre 12,19 °C et 34,95 °C à Dachra, 11,62-36,50

°C à Lemkimnet, 12,38-36,26 °C à Mangae Bougtaf, 11,67-37,39 °C à Zaatcha et entre 9,04 °C et 36,28 °C à Zaouiet Ben Ouair.

De point de vue temporel, juillet est le mois le plus chaud de l'année, suivi par le mois d'août ; alors que les baisses températures sont enregistrées durant les mois de janvier, décembre et février, consécutivement. Il faut signaler que l'été à Dachra est plus frais, comparativement aux autres palmeraies.

Il ressort des représentations graphiques, élaborées à partir des données enregistrées dans les palmeraies de Biskra, que durant la période allant de la pollinisation jusqu'à la maturité des fruits de Deglet Nour (mars-octobre), la température moyenne mensuelle est supérieure à 16 °C (en mois de mars) ; elle prit son maximum en mois de juillet, où elle dépasse les 30 °C dans toutes les palmeraies. Alors que durant le mois de la récolte des dattes (octobre), la moyenne des températures de l'air est supérieure à 20 °C.

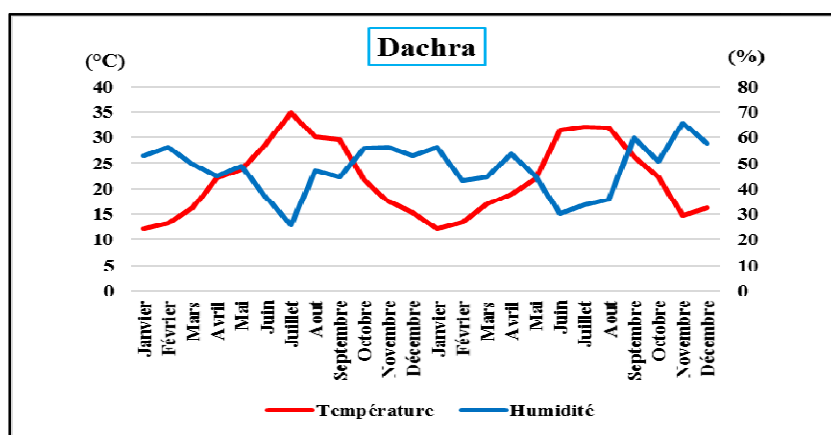


Figure 71 : Variation mensuelle des conditions thermohygrométriques à l'intérieur de la palmeraie de Dachra (2018-2019). (Auteur, 2021)

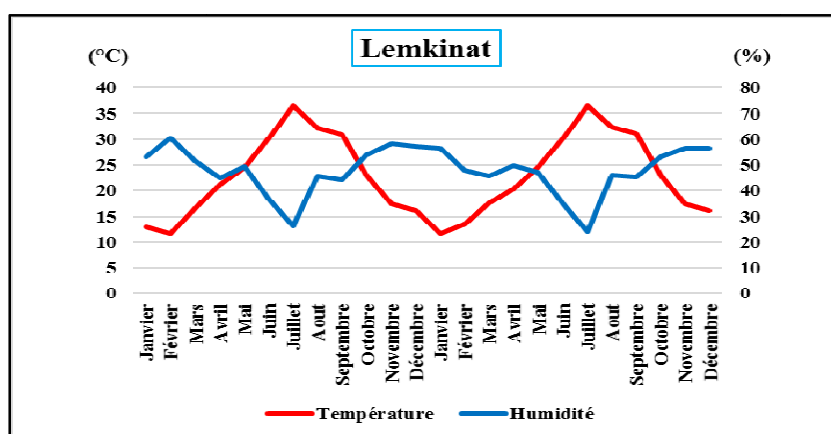


Figure 72 : Variation mensuelle des conditions thermohygrométriques à l'intérieur de la palmeraie de Lemkimnet (2018-2019). (Auteur, 2021)

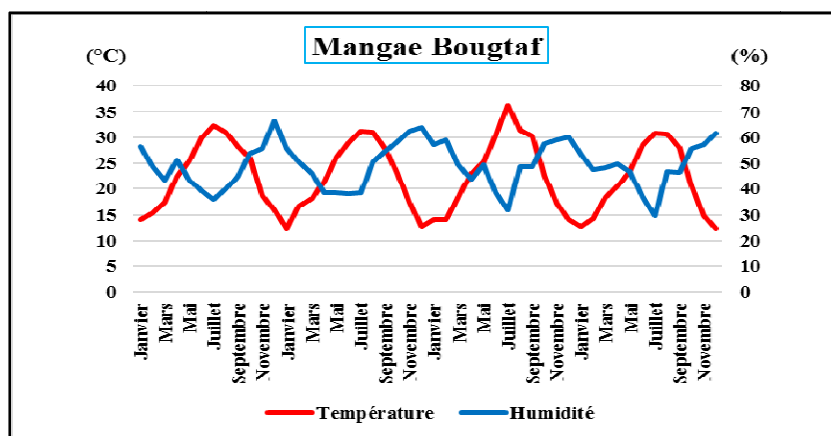


Figure 73 : Variation mensuelle des conditions thermohygrométriques à l'intérieur de la palmeraie de Mangae Bougtaf (2016-2019). (Auteur, 2021)

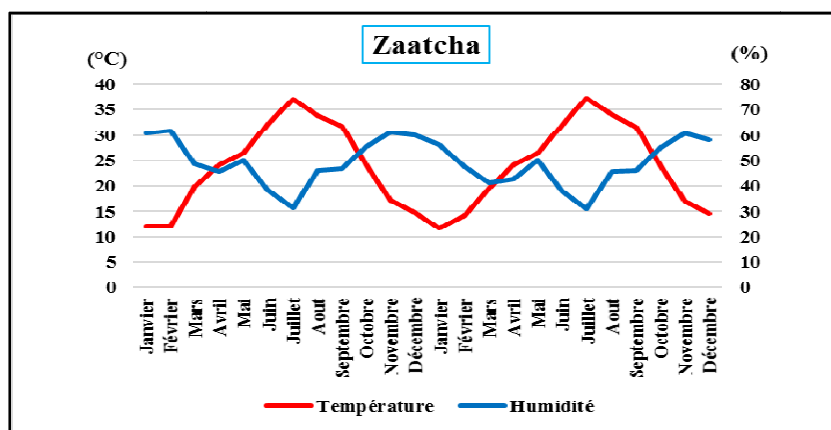


Figure 74 : Variation mensuelle des conditions thermohygrométriques à l'intérieur de la palmeraie de Zaatcha (2018-2019). (Auteur, 2021)

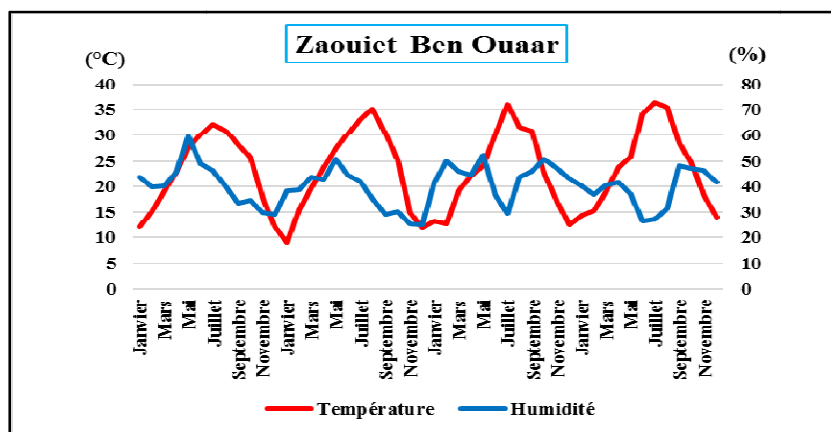


Figure 75 : Variation mensuelle des conditions thermohygrométriques à l'intérieur de la palmeraie de Zaouiet Ben Ouaar (2016-2019). (Auteur, 2021)

Le palmier dattier exige des étés chauds et sans pluie ni humidité élevée ; c'est une espèce sensible à l'humidité pendant les périodes de fructification et de floraison. Les fortes humidités, à la floraison, provoquent la pourriture des inflorescences ; alors qu'à la

fructification, les dattes restent engorgées d'eau et ne mûrissent pas ou éclatent ; la pulpe se fermente et pourrit (Sedra, 2003 ; Babahani, 2011). Selon Djerbi (1994), les pourritures des fruits durant le stade de maturation, causées par différents champignons et favorisées par les fortes hygrométries (l'humidité peut s'accroître en cas de pluies automnales), ces pourrissements peuvent induire des pertes qui peuvent arriver jusqu'à 50 % de la production dattière.

Les meilleures dattes sont récoltées dans les régions où l'humidité relative de l'air est moyennement faible ; comme le cas des dattes Deglet Nour de Biskra, de meilleure qualité et plus précoces, où l'humidité moyenne est de 43,46 %. Lorsque l'humidité relative de l'air est très faible (inférieure à 23 %), on récolte des dattes sèches (Babahani, 2011). Par contre, un bon stockage des dattes nécessite une humidité relative de 65 à 70 %, afin d'éviter l'absorption d'eau avec des humidités supérieures et le dessèchement des dattes avec des humidités inférieures (Sedra, 2003).

L'humidité relative de l'air à l'intérieur des cinq palmeraies, retenues par cette étude, varie entre 24,33 et 66,41 %. Les taux les plus bas sont enregistrés en été : 25,73 % à Dachra, 24,33 % à Lemkimnet, 29,69 % à Mangae Bougtaf, 31,06 % à Zaatcha et 24,39 %, à Zaouiet Ben Ouair. Alors que les pourcentages les plus élevés ont marqué la saison d'hiver : 65,84 % à Dachra, 60,48 % à Lemkimnet, 66,41 % à Mangae Bougtaf, 61,64 % à Zaatcha et 59,46 % à Zaouiet Ben Ouair.

A Biskra, juillet est le mois le plus sec de l'année, suivi par les mois de juin et d'août ; pendant ces trois mois, les précipitations sont presque nulles et l'humidité relative de l'air atteint son minimum. Le mois de décembre se place en tête des mois les plus humides, suivi par novembre et février. En plus de la température de l'air, l'abondance des eaux d'irrigation, l'humidité du sol et la présence du couvert végétal, influent sur la variation de l'humidité relative à l'intérieur des palmeraies.

Durant la période de la fructification à la maturité complète des dattes de Deglet Nour (avril-début octobre), l'humidité relative mensuelle de l'air, à l'intérieur des cinq, varie entre 24,33 et 60,01 %. Pendant la même période, la température moyenne mensuelle de l'air était entre 19,03 et 37,39 °C.

3.4. Variation mensuelle des précipitations à Biskra

Toute modification du cycle climatique annuel a des répercussions sur le développement végétatif des plantes ; les impacts diffèrent selon les espèces et les caractéristiques géo-pédo-climatiques de chaque région. Néanmoins, le déficit hydrique provoque la détérioration des rendements et de la qualité des produits agricoles, surtout au Sahara (Benzouche et Chehat, 2019).

Les totaux mensuels des précipitations, enregistrés dans la station météorologique de l'ONM à Biskra, pendant la période 2016-2019, varient entre 0 et 65 mm. La distribution graphique des cumuls est caractérisée par une variation mensuelle et interannuelle (Fig. 76).

Les précipitations mensuelles les plus élevées sont enregistrées au début du cycle de fructification (avril et mai) et durant le stade de maturation des fruits de la Deglet Nour (septembre et octobre) ; alors que les mois de juin, juillet et août sont caractérisés par l'absence de précipitations ou de l'enregistrement de faibles quantités. L'année 2016 était la plus humide (156 mm) et 2017 était la plus sèche (42 mm).

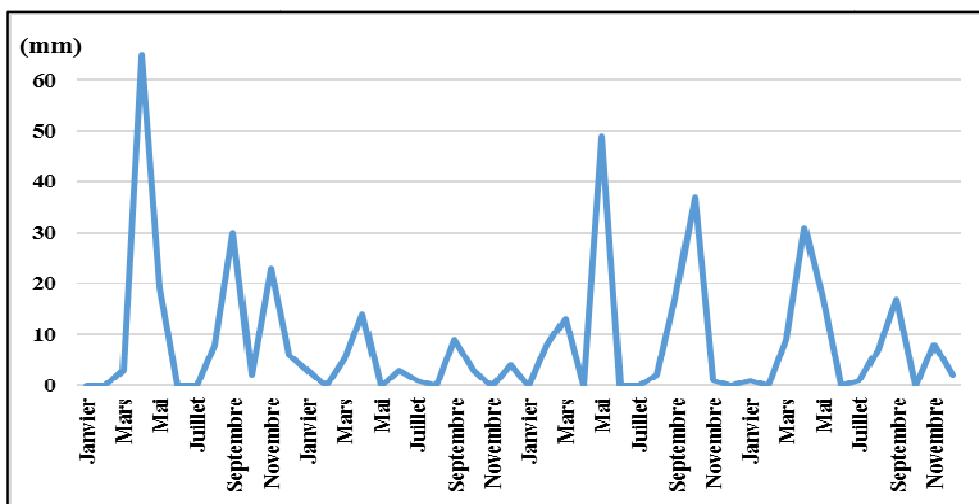


Figure 76 : Variation mensuelle des précipitations à Biskra (2016-2019). (Source : ONM, 2019)

La variabilité des précipitations, aux Ziban, pousse les agriculteurs à renforcer l'irrigation, surtout durant la saison chaude ; alors que les fortes intensités de ces précipitations provoquent la détérioration de la qualité, la chute et la pourriture des dattes, ainsi que l'apparition des prédateurs et des maladies qui s'attaquent à Deglet Nour, d'où la nécessité de couvrir les régimes de dattes (Photo 11).

Selon Babahani (2011), les pluies qui suivent directement la pollinisation, des spathes femelles, augmentent les pertes en pollen ; par conséquent elles diminuent les taux de nouaison. Tandis que les pluies automnales peuvent compromettre la production dattière ; afin d'éviter des dégâts, des attaques d'insectes et des oiseaux, les phœniculteurs recouvrent leurs régimes par des sacs fabriqués de pennes des palmes, de plastique, de papier Kraft ou de toile de tissu. Les sacs sont attachés aux hampes des régimes, la partie inférieure reste ouverte, l'opération se pratique trois à quatre semaines avant la récolte.



Photo 11 : Ensachage des régimes de dattes dans la palmeraie de Lemkimnet. (*Originale, 2021*)

4. Besoins thermiques de Deglet Nour dans la région des Ziban

La durée du cycle phénologique des plantes est dépendante de multiples facteurs, qu'ils soient biotiques et/ou abiotiques. Parmi les facteurs abiotiques, il y a les facteurs climatiques, qui fournissent aux plantes de l'eau, de l'air, de la lumière et de la température. Amrani (2018) cite que « le climat exerce une action phénotypique qui confère aux différentes variétés du dattier des spécificités territoriales inféodées ». Alors que l'effet de la température est notable sur la maturation des dattes et sa qualité (Babahani et Eddoud, 2012).

En Algérie, peu d'études ont porté sur les besoins thermiques du palmier dattier (Toutain, 1967 ; Munier, 1973). Ces dernières années, les études se focalisent sur la variation des températures de l'air, liée au changement climatique, et ses impacts sur le cycle phénologique du dattier et sur le développement des dattes (Lakhdari et al, 2016 ; ONFAA, 2016a, 2016b ; Faci et al, 2020 ; Faci et Benziouche, 2021).

L'installation de capteurs de température et d'humidité relative de l'air au niveau des cinq palmeraies, nous a permis d'enregistrer les données horaires de la température ; afin de

calculer les besoins thermiques de la Deglet Nour à Biskra. Nous avons traité les données enregistrées afin de ressortir, des 24 valeurs quotidiennes, la température minimale et la température maximale de la journée ; à l'aide du programme informatique de sélection des valeurs maximas et minimas, que nous avons confectionné.

Ensuite, nous avons calculé le cumul degré-jour pour chaque palmeraie, c'est-à-dire la moyenne des trois palmiers, désignés pour le suivi, au niveau de chaque exploitation phœnicicole (Tableau 26).

Nous avons constaté que le cumul de température entre l'apparition et l'éclatement des spathes, varie entre 57 °C et 287 °C ; les cumuls les plus bas ont été enregistrés dans la palmeraie de Mangae Bougtaf (entre 57,35 et 109,05 °C), ceci a marqué toute la période du suivi (2016-2019).

La somme totale des températures nécessaires pour que les dattes de la Deglet Nour, dans la région des Ziban, rentrent en stade de maturité est de 2896-4178 °C, ceci et, à partir de la date de l'apparition des spathes. Ce cumul atteint 3486-4573 °C en fin du stade de maturité.

A Biskra, la datte de Deglet Nour a besoin d'une accumulation thermique de 2702-4031 °C, à partir de la date de pollinisation, pour commencer le stade de maturation. Pour mûrir complètement, la datte exige un total de 3353-4426 °C (Fig. 77).

Ces cumuls thermiques variaient d'une année à une autre, dans toutes les exploitations ; cette variabilité est liée conditions météorologiques enregistrées et aux apports hydriques et en fertilisants fournis par les phœniciculteurs, durant chaque année agricole.

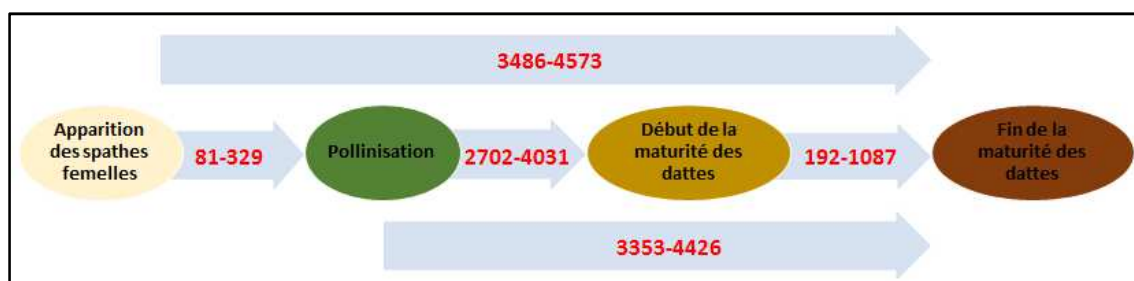


Figure 77 : Besoins thermiques pour la maturité des dattes de Deglet Nour aux Ziban (en degré-jour). (Auteur, 2021)

La température est le facteur déterminant de la variabilité intervariétale dans les activités biologiques du palmier dattier. Selon Bounaga (1991) et Sedra (2001), la somme des températures peut être inférieure à 3500 °C pour les variétés précoces, de 3501 à 4000 °C pour les variétés moyennement précoces, de 4001 à 4500 °C pour les variétés de saison, de 4501 à 5000 °C pour les variétés moyennement tardives et supérieure à 5000 °C pour les variétés tardives. Les dattes de Deglet Nour, qui est une variété saisonnière, exigent dans la région des Ziban, des cumuls thermiques inférieurs à 4426 °C ; néanmoins, les ces besoins ont diminués jusqu'à 3353 °C, durant les quatre années de la réalisation de cette étude. De ce fait, et selon la classification des auteurs cités en haut et les prévisions lancées par les différents

scénarios de l'évolution des températures de l'air, les fruits de Deglet Nour à Biskra pourraient être classés, au futur, comme dattes à maturité précoce.

Toutain (1972), a annoncé que la somme des températures, de la floraison à la maturation, doit atteindre 5000 °C pour les variétés précoces du dattier et 6000 °C pour les tardives ; néanmoins, le cumul thermique le plus élevé, que nous avons enregistré, n'a pas dépassé les 4574 °C pour la Deglet Nour aux Ziban. Cet abaissement des cumuls est dû, probablement, à l'accumulation rapide des besoins thermiques, dans un court intervalle de temps, suite aux fortes températures enregistrées durant ces dernières années, surtout en mois de juillet. Rappelant que les six dernières années (2015-2020), selon l'OMM (2021), sont les plus chaudes depuis le début des enregistrements de la température de l'air.

L'application de l'analyse de variance multivariée sur les cumuls thermiques enregistrés à l'intérieur des cinq palmeraies (Annexe 4.3), ressorte l'existence d'un effet significatif de l'interaction "Année agricole-Palmeraie" sur la période Apparition-Eclatement des spathes (0,010 °C) ; cette interaction annonce l'impact du milieu et du temps sur les cumuls de températures nécessaires pour l'apparition et l'ouverture des spathes à Biskra.

Les spécificités de l'année agricole, ont un effet significatif sur l'accumulation des températures durant les stades suivants : i) Apparition-Eclatement des spathes (0,014 °C), ii) Apparition des spathes-Début de maturité (0,005 °C), iii) Apparition des spathes-Fin de maturité (0,005 °C), iv) Pollinisation-Début de maturité et, v) Pollinisation-Fin de maturité (0,042 °C). Ceci, signifie la variation interannuelle des cumuls thermiques, enregistrés dans les cinq palmeraies.

Néanmoins, les conditions au niveau des palmeraies influent significativement sur le stade Apparition-Eclatement des spathes (0,004 °C) ; c'est-à-dire que, aux Ziban, la somme des cumuls de températures, durant le stade allant de l'apparition jusqu'à l'éclatement des spathes, variée d'une palmeraie à une autre.

Tableau 26 : Besoins thermiques de Deglet Nour dans la région des Ziban (en degré-jour).

Stades	Années	
Dachra	2018	2019
De l'apparition jusqu'à l'éclatement des spathes femelles	131,95	202
De l'apparition des spathes femelles jusqu'au début de la maturité des dattes	3286,35	3493,80
De l'apparition des spathes femelles jusqu'à la fin de la maturité des dattes	3618,10	3685,40
De la date de la pollinisation jusqu'au début de la maturité des dattes	3098,35	3246,60
De la date de la pollinisation jusqu'à la fin de la maturité des dattes	3430,10	3438,20
Lemkimnet	2018	2019
De l'apparition jusqu'à l'éclatement des spathes femelles	217,60	286,85
De l'apparition des spathes femelles jusqu'au début	3351,95	3368,65

de la maturité des dattes				
De l'apparition des spathes femelles jusqu'à la fin de la maturité des dattes	3983,90		4122,70	
De la date de la pollinisation jusqu'au début de la maturité des dattes	3105,85		3073,65	
De la date de la pollinisation jusqu'à la fin de la maturité des dattes	3737,80		3827,70	
Mangae Bougtaf	2016	2017	2018	2019
De l'apparition jusqu'à l'éclatement des spathes femelles	57,35	79,05	99,05	109,05
De l'apparition des spathes femelles jusqu'au début de la maturité des dattes	2949,60	3527,35	3194,65	2896,30
De l'apparition des spathes femelles jusqu'à la fin de la maturité des dattes	4036,90	3963,20	3485,55	3603,55
De la date de la pollinisation jusqu'au début de la maturité des dattes	2876,75	3403,75	3062,15	2777,80
De la date de la pollinisation jusqu'à la fin de la maturité des dattes	3964,05	3839,60	3353,05	3485,05
Zaatcha	2018		2019	
De l'apparition jusqu'à l'éclatement des spathes femelles	131,35		202	
De l'apparition des spathes femelles jusqu'au début de la maturité des dattes	3807,80		3897,65	
De l'apparition des spathes femelles jusqu'à la fin de la maturité des dattes	4379,05		4499,60	
De la date de la pollinisation jusqu'au début de la maturité des dattes	3636,65		3661,30	
De la date de la pollinisation jusqu'à la fin de la maturité des dattes	4207,90		4263,25	
Zaouiet Ben Ouaar	2016	2017	2018	2019
De l'apparition jusqu'à l'éclatement des spathes femelles	96,05	123,75	271,90	155,75
De l'apparition des spathes femelles jusqu'au début de la maturité des dattes	3766,85	4178,50	2986,35	3901,10
De l'apparition des spathes femelles jusqu'à la fin de la maturité des dattes	4419,85	4573,25	3655,20	4349,15
De la date de la pollinisation jusqu'au début de la maturité des dattes	3652,80	4031,50	2702,45	3583,65
De la date de la pollinisation jusqu'à la fin de la maturité des dattes	4305,80	4426,25	3371,30	4031,70

(Auteur, 2021)

Habituellement, l'apparition des spathes du palmier dattier dans la région des Ziban débute durant le mois de février, et dans des cas limités à partir de la deuxième moitié de janvier ; néanmoins, l'apparition des spathes mâles précède les spathes femelles. De ce fait, les phœniciculteurs entament l'opération de pollinisation en mois de mars.

La température moyenne mensuelle de l'air, nécessaire pour le fleurissement du dattier, doit être supérieure à 11 °C ; alors que durant la période de fructification, la température moyenne mensuelle varie entre 19 et 37 °C. Pendant la même période, l'humidité relative mensuelle de l'air, à l'intérieur des palmeraies, varie du 24 à 60 %.

La maturation de la datte de Deglet Nour, à Biskra, commence en mois d'août ; alors que la maturité complète des fruits est en mois d'octobre. Pour l'atteindre, les dattes ont besoin d'une durée de 22 à 37 semaines ; où le cumul thermique est de 3350-4400 °C.

L'analyse statistique (MANOVA), ressorte que la température de l'air influe sur les dates de déclenchement des stades phénologiques, et sur leurs durées. Ce facteur météorologique indispensable pour le développement végétatif, a connu ses dernières années une tendance à la hausse ; qui a inciter le raccourcissement de la durée du cycle de développement des dattes de Deglet Nour aux Ziban.

Les scénarios de l'accroissement du réchauffement planétaire, émanent que le changement climatique pourrai influencer sur la période de maturation des dattes ; ainsi, à Biskra, Deglet Nour pourrai être classée comme variété précoce.

***Conclusion
générale
et perspectives***

Les Ziban est une région potentiellement agricole. Elle est caractérisée par la phœniciculture, où le nombre des dattiers a atteint, en l'an 2020, les 4,44 millions palmiers plantés sur une superficie de 44,05 milles ha ; la variété Deglet Nour détient 2,78 millions de pieds, soit 62,49 %. Le nombre de palmiers en rapport est de 4,36 millions, dont 2,70 millions de la Deglet Nour ; ce patrimoine génère une production de 4,77 millions qx de dattes, 3,08 millions de quintaux sont des dattes de la fameuse Deglet Nour. Le rendement moyen de dattes par palmier est de 109,4 kg, alors qu'il s'élève à 113,9 kg pour la variété Deglet Nour.

Dans le but d'étudier l'impact du changement climatique sur le cycle phénologique de Deglet Nour aux Ziban, nous avons collecté les données climatiques disponibles de la région ; et d'autre part, nous avons procédé à l'installation de cinq capteurs thermo-hygrométriques, dans les palmeraies de la région d'étude. Le but de cette opération était l'enregistrement des températures et d'humidité relative de l'air ; pendant la période 2015-2019.

En parallèle, nous avons réalisé des enquêtes et des entretiens avec des phœniciculteurs et des ouvriers phœnicicoles, âgés de plus de 60 ans ; ainsi, nous avons contacté des chercheurs, des administrateurs, des ingénieurs et des techniciens attachés aux principales institutions technico-scientifiques et administratives de la wilaya de Biskra.

Ainsi, durant la période 2016-2019, on a opté à des sorties régulières sur le terrain, afin de suivre l'évolution du cycle phénologique de la variété Deglet Nour ; au niveau des palmeraies de : Dachra, Lemkimnet, Mangae Bougtaf, Zaatcha et Zaouiet Ben Ouair.

Dans un dernier temps, nous avons analysé toutes les données collectées, observées et enregistrées ; soit climatiques, agricoles, socioéconomiques et les résultats de l'enquête de terrain. On a recouru à plusieurs tests statistiques, tels que le test de tendance, l'analyse en composantes principales et l'analyse de variance multivariée.

Les différentes analyses statistiques appliquées montrent que Biskra se situe dans un étage bioclimatique saharien à hiver chaud, caractérisé par les faibles précipitations et les fortes températures estivales.

L'analyse de la série des données de températures de l'air de la période 1951-2018, par le test de tendance de Mann-Kendall, ressort une tendance vers la hausse des températures minimales à partir de l'an 1983, alors qu'elle a commencée en l'an 1997 pour les maximales ; ce résultat est soutenu par 79 % des phœniciculteurs enquêtés à Sidi Okba et à Tolga. Sur la période de la série, la température de l'air a connue une augmentation moyenne d'environ 2 °C. Généralement, janvier est le mois le plus froid (11,89 °C) et juillet est le plus chaud (34,66 °C).

De même, pour le nombre de journées chaudes qui a connu une tendance vers la hausse, passant d'un total de 101 journées durant la période 1951-1960 à 300 jours pendant la décennie 2001-2010 ; cette augmentation était accompagnée par l'augmentation du nombre des vagues de chaleur, passant de 32 vagues (1951-1980) à 97 vagues (1981-2010).

Les précipitations se sont caractérisées par une variabilité interannuelle et une disparité mensuelle, où les totaux mensuels varient entre 0 et 297,5 mm ; alors que les cumuls annuels sont de 32 à 561,5 mm, avec une moyenne annuelle de 122,62 mm pour la période 1974-

2019. Cette instabilité a générée des sécheresses répétitives, qui s'étalent sur toute l'année et qui ont atteindraient jusqu'à cinq ans successifs. De leurs parts, les phœniciculteurs jugent que les précipitations sont diminuées (95 %) et que la sécheresse a devenue, de plus en plus, fréquente (92 %). Sur la série de données, juillet est le mois le plus sec (0,86 mm) et avril est le plus pluvieux (15,30 mm).

A Biskra, l'hiver est la saison la plus humide, mais avec des taux qui n'atteignent pas les 60 % ; alors que les faibles taux d'humidité relative de l'air sont enregistrés en juillet (28 %). Les phœniciculteurs contactés (54 %), ont déclaré que l'humidité relative de l'air, à l'intérieur des palmeraies, a diminuée durant les vingt dernières années.

Cependant, les cumuls les plus élevés d'heures d'ensoleillement, dans la région des Ziban, sont enregistrés durant la période mai-août (325-359 heures par mois) ; alors que le cumul annuel est de 3341 h. La vitesse du vent est d'une moyenne de 15,62 km/h, tandis que la somme de l'évaporation annuelle est de 2809 mm ; elle accède à son maximum en mois de juillet (402 mm).

Lors de nos sorties sur le terrain, nous avons enregistré que les exploitations phœnicicoles dans la région de l'étude sont composées de plusieurs variétés du dattier, dont la quasi-totalité (95 %) est dominées par la Deglet Nour. Cette situation, menacera la biodiversité variétale et même la Deglet Nour, en cas de propagation de maladies, de prédateurs ou de ravageurs spécifiques à cette variété ; surtout que la prolifération des ennemies du dattier et de dattes sera accentuée par les effets du changement climatique.

Les exploitations visitées sont caractérisées par l'application de l'irrigation par submersion (67 %), d'où la perte considérable des eaux, surtout que l'eau d'irrigation est insuffisante dans 59 % des jardins phœnicicoles visités ; suite à ce gaspillage et à la tendance vers la hausse de l'évaporation, les besoins en eaux d'irrigation vont augmenter. Les drains sont presque inexistants (95 %) dans les palmeraies de Sidi Okba et de Tolga ; cette situation peut augmenter la salinité du sol ; en cas d'enregistrement de fortes températures de l'air et du manque d'eau.

Aussi, nous avons noté le recours des phœniciculteurs à l'utilisation des engrais minéraux dans 82 % des exploitations, ils se basaient sur les engrais azotés. Toutefois, ces paysans pensaient que l'utilisation des engrais minéraux a agie négativement sur quelques caractéristiques de dattes, comme est le cas pour : i) la couleur, qui a devenue sombre, ii) la durée de conservation, qui ne dépasse pas un mois hors frigos ou chambres froides et, iii) la chute des dattes au moment de stade Khalal, suite à la fragilité des pédoncules des fruits ; cette dégradation est accentuée par les températures élevées de l'air et les vents. Néanmoins, l'application de la fertilisation azotée, en mois d'octobre et de novembre, accélère l'activité végétative du palmier dattier ; d'où l'apparition précoce des spathes et l'allongement de l'intervalle entre l'ouverture des spathes mâles et femelles.

Les phœniciculteurs approchés jugeaient que la situation de la phœniciculture, à Biskra, s'est améliorée durant les vingt dernières années (69 %) ; ceci est manifester par la diminution des maladies du dattier dans 46 % des exploitations, pareille pour l'apparition des ravageurs et des prédateurs (67 %) et des mauvaises herbes et les adventices (55 %). Par contre, le

travail mécanique est absent à l'intérieur des palmeraies, où les opérations de pollinisation et de récolte doivent être réalisées dans des délais limités, suite au dessèchement des spathes et des fruites, causé par les fortes températures de l'air, qui sont liées au changement climatique.

Près de la moitié (49 %) de ces mêmes phœniciculteurs, ont avancés que le rendement de dattes par palmier a augmenté, alors que 38 % ont déclaré qu'il a diminué. Par contre, la majorité d'entre eux sont d'accord que la qualité (56 %) et le goût (59 %) des dattes de Deglet Nour se sont dégradés ; selon eux, cette détérioration et la conséquence du changement climatique (essentiellement, la hausse des températures et la diminution des taux d'humidité relative de l'air), de l'utilisation irrationnelle des engrais minéraux, de la salinité des sols et des eaux et de manque des eaux d'irrigation.

Concernant les stades phénologiques, ils jugent que la période de l'apparition des spathes a avancée dans le temps, que ce soient chez les spathes mâles (selon 62 % des enquêtés) ou femelles (54 %). Cette observation est plus remarquable chez les spathes Dokkar, qui apparaissent précocement ; fait qui allonge l'intervalle entre l'apparition des spathes mâles et femelles, provoquant un décalage, d'où la cherté des Dokkar. De même pour la période de l'ouverture des spathes, où 59 % ont déclaré qu'elle a connue un avancement chez les spathes mâles ; ainsi que chez les spathes femelle (56 %). Le progrès temporel, englobe la période de pollinisation (57 %) et de maturité des dattes (72 %) ; où nous avons enregistré que quelques phœniciculteurs commençaient la récolte des premiers régimes de Deglet Nour à partir de la deuxième moitié du mois de septembre.

La température de l'air est parmi les paramètres climatiques les plus influents sur la production dattière ; lorsqu'elle est élevée, elle amoindrit la qualité des dattes (dessèchement, modification de forme, perte du poids et brunissement) et activera la maturité des fruits. Si elle sera associée avec une sécheresse prolongée, elle accélérera l'apparition des maladies, des prédateurs et ravageurs, tel que le Boufaroua. Les faibles températures de l'hiver, prorogent la période d'apparition et d'ouverture des spathes, provoquant la chute des inflorescences et des fruits parthénocarpiques ; ainsi, les dattes prennent plus du temps pour mûrir. Par contre, l'analyse en composantes principales, a ressortie une modeste corrélation positive entre l'évolution de la température de l'air et les rendements de dattes en Algérie, car l'accroissement de la production est lié, beaucoup plus, à l'intérêt particulier accordé par les pouvoirs publics à la filière Dattes. A Biskra, la corrélation est faible, durant la période 1990-2018, que ce soit pour les rendements moyens des dattes ou pour les rendements de la variété Deglet Nour.

L'analyse par l'ACP, a résulté l'inexistence de liaison entre les précipitations et la production dattière en Algérie et à Biskra, du point de vue quantitatif ; toutefois, il existe une faible corrélation négative pour la variété Deglet Nour de Biskra (-0,3266).

Néanmoins, un environnement très humide encourage la pourriture des dattes, sachant que l'humidité à l'intérieur des palmeraies est plus élevée qu'à l'extérieur ; alors que les précipitations hivernales favorisent la pourriture des spathes.

Le suivi du cycle phénologique de Deglet Nour dans la région des Ziban, à travers cinq (05) sites d'observation et d'enregistrement, nous a permis de ressortir que l'apparition des

premières spathes mâles commençai à partir de la troisième décade du mois de janvier, alors que nous avons observé les premiers spathes femelles (Talaat, au pluriel Talaat) durant la dernière semaine du mois de janvier à Zaatcha, mis à part cette exception en 2018, les Talaat poussaient à partir du début février. Cette opération se poursuit jusqu'à la fin d'avril. Ce qui est remarquable est l'intervalle allongé entre l'apparition des spathes mâles et femelles, jusqu'à un mois. Cette variation est liée aux conditions pédoclimatiques de la région, le type d'amendement, la qualité du sol et l'altitude de la zone, tel est le cas dans la palmeraie de Dachra (+500 m), où l'apparition peut être retardée jusqu'à la fin du mois de mars.

En général, le début d'ouverture des spathes mâles est en fin de février, alors qu'il est au début de mars pour les femelles ; alors que la durée entre l'éclatement des premières spathes mâles et femelle peut atteindre les deux mois. L'analyse de variance multivariée, ressorte un effet significatif des spécificités de l'année agricole sur les dates d'ouverture des spathes.

Habituellement, les phœniciculteurs réalisent la pollinisation entre le début du mois de mars et le début de mai ; cependant, les températures de l'air enregistrées durant la saison hivernale ont une influence sur la période de la fin de l'opération de pollinisation.

Ces dernières années, les dattes de Deglet Nour à Biskra, commencent à mûrir à partir de la deuxième partie du mois d'août ; généralement, la maturité de dattes est dépendante aux conditions enregistrées à l'intérieur des palmeraies (variations climatiques, disponibilités hydriques, la fertilisation, etc.). Le stade de la maturité des dattes peut s'allonger jusqu'à la fin du mois de novembre.

Généralement, l'apparition des spathes de Deglet Nour aux Ziban est durant la période janvier-avril, l'ouverture est entre février et avril, la pollinisation est effectuée entre mars et mai et la maturité des fruits est enregistrée durant la période août-novembre.

La période de la récolte des régimes de dattes est, généralement, durant les mois d'octobre et novembre ; mais ces dernières années, les phœniciculteurs commencent la récolte en mois de septembre, pour les régimes asséchés. La croissance végétative du palmier se ralentit durant les trois mois novembre-décembre-janvier.

Les variations enregistrées durant chaque campagne agricole, au niveau de chaque palmeraie, ont des impacts sur la durée de chaque stade phénologique de Deglet Nour à Biskra. Souvent, i) la durée entre l'apparition et l'ouverture des spathes est d'une à six semaines, ii) la durée nécessaire pour que la datte rentre en stade de maturité, à partir de la date de pollinisation, est de 17-27 semaines, alors que, iii) le stade de maturité des dattes dure entre 2 et 10 semaines.

La température de l'air est le principal facteur météorologique déterminant l'activité phénologique du palmier dattier ; la variation de la température a une influence sur la durée des principaux stades phénologiques du dattier aux Ziban. Elle varie, au niveau des palmeraies ciblées, entre -1,7 et 52,2 °C, alors que l'apparition des spathes débute après l'enregistrement d'une température moyenne mensuelle supérieure à 11 °C. Dans ces mêmes palmeraies, la température mensuelle moyenne, durant la période de fructification, est entre 9 et 37 °C ; la Deglet Nour peut s'adapter dans cette région avec la variation des températures minimales et maximales, où l'amplitude thermique est entre 6 et 25 °C.

L'éclatement des spathes de Deglet Nour nécessite un cumul de température de 57-287 °C ; alors que pour le début de maturité, l'accumulation varie entre 2700 et 4000 °C, tandis que les dattes ont besoins d'un total de 3350 à 4400 °C pour se mûrir complètement. Les besoins thermique pour le développement des dattes ce sont diminuées, ces dernières années, suite à l'augmentation des températures de l'air, surtout en été ; cette élévation, accélère le processus de maturation des fruits. Résultant exceptionnellement, des dattes prématurées, asséchés, concentrées en saccharose et de mauvaise qualité (consistance et couleur).

De sa part, l'humidité relative moyenne mensuelle de l'air à l'intérieur des palmeraies est de 24-66 % ; les taux les plus bas sont enregistrés durant les mois de juin, juillet et août, qui coïncident avec le stade de maturité des dattes de Deglet Nour. En général, durant la période de fructification, l'hygrométrie à l'intérieur des palmeraies est inférieure à 45 % ; elle se décroître à moins de 32 % pendant les mois qui précèdent le début de stades de maturité (juillet-août). Il faut signaler que les taux élevés d'humidité, peuvent inciter la pourriture des spathes au moment de floraison et la détérioration de la qualité des dattes durant la période automnale.

Habituellement, au moment de la fructification des dattes aux Ziban, le cumul mensuel d'ensoleillement est supérieur à 325 heures ; l'accumulation moyenne journalière est de 10,50 h en mois de mai, 11,29 h en juin, 11,59 h en juillet et de 10,77 en mois d'août. Durant la même période, l'évapotranspiration mensuelle dépasse les 300 mm ; pour atteindre son intensité maximale en mois de juillet (+400 mm). Alors que la vitesse du vent la plus élevée, est enregistrée durant la période de pollinisation des palmiers ; une moyenne mensuelle de 19,72 km/h pour avril et 18,94 km/h pour mai.

Ainsi énuméré, nous pouvons annoncer l'existence d'une modification de quelques paramètres climatiques, comme est le cas pour la température de l'air qui a connue une tendance à la hausse ; cette augmentation est de 1,10 °C pour les minimales (à partir de l'an 1983) et de 1,31 °C pour les maximales (depuis l'an 1997). Par contre, les totaux annuels des précipitations ce sont diminués, elles sont associées avec l'enregistrement de pluies diluviennes et/ou des sécheresses récurrentes.

Statistiquement, ce changement des conditions climatiques n'a pas eu une grande influence sur l'accroissement de la production et des rendements de Daglet Nour aux Ziban. Néanmoins, l'impact négatif cible la qualité des dattes (calibre, couleur, consistance, goût, etc.) et le cycle phénologique, à travers un avancement temporel des dates du début des différents stades. Ce progrès commence par les dates d'apparition des spathes, surtout les Dokkar, et ce poursuit jusqu'au dates de la maturité des fruits ; le résultat est une récolte précoce des régimes de dattes de Daglet Nour, à partir du mois de septembre.

En outre, l'augmentation de la température de l'air et la diminution des précipitations n'a pas affectée les ennemis du dattier à Biskra, sauf la propagation limitée du Boufaroua (*Oligonychus afrasiaticus*) et de l'espèce végétale Elhamra (*Chloris barbata*), parue dans la région de Sidi Okba. Par contre, l'invasion des essaims de l'étourneau est devenue très rare ces dernières années.

D'après les différents scénarios climatiques, la température de l'air à Biskra continuera sa tendance vers la hausse ; en fin de XXI^e, nous pouvons enregistrer une augmentation de 2 à 4 °C par rapport à la moyenne actuelle. Par contre, la tendance des précipitations sera vers la baisse, où les prévisions affichent une réduction de 20-58 %. Bien que la production du palmier dattier n'a pas été affectée par le changement climatique, pour les quantités produites et pour les rendements ; mais nous devons adapter la phœniciculture avec ces futures conditions climatiques. Notamment que Biskra est connue par ces dattes 'Deglet Nour' de haute qualité marchande, qui peuvent perdre leur label d'Indication Géographique Protégée (IGP), suite à une présumée dégradation de la qualité des fruits, chose qui répercutera négativement sur la valeur commerciale et économique de ce fameux produit ; surtout que des impacts sur la qualité des dattes sont déjà constatés.

Afin de minimiser les impacts futurs du changement climatique sur la Deglet Nour aux Ziban, nous proposons :

- 1- la construction des réservoirs d'eau d'irrigation à l'intérieur des jardins phœnicicoles, afin de garantir sa disponibilité aux moments opportuns ; car les eaux, au niveau des palmeraies, sont distribués par ordre de classement, surtout que la consommation hydrique va connaître un accroissement (hausse de l'évaporation) et que la disponibilité de l'eau diminuera. Des fois, l'intervalle entre deux irrigations en été, abouti un mois.
- 2- l'application de l'irrigation localisée pour économiser l'eau, puisque les besoins nets en eau d'irrigation des palmiers dattiers vont accroître durant les années à venir ; ils seront accentués par les fortes températures attendues. Dans les palmeraies qui n'optent pas au système d'irrigation localisée, nous proposons l'installation des cultures sous-jacentes ; afin d'exploiter l'eau d'irrigation gaspillée au niveau des cuvettes et pour humidifier l'air et le sol à l'intérieur du jardin, comme elles peuvent constituer une source supplémentaires des revenus.
- 3- le creusement des drains, afin de diminuer la salinité des sols par lessivage ; car selon Haj-Amor et al (2020), au cours des années à venir, la salinité des aquifères et des terres va augmenter. Elle sera accentuée par l'évaporation provoquée par la hausse des températures de l'air. D'une autre part, il faut limiter l'utilisation des eaux superficielles à Tolga (nappe phréatiques), qui sont exploités par des puits ; parce que elles sont salines et peuvent amoindrir la qualité des dattes, surtout que le label d'IGP est lié à cette région.
- 4- l'adaptation d'un calendrier de fertilisation, surtout pour les engrais minéraux, en précisant les types d'amendements, les doses et les périodes d'application ; car la fertilisation accentue l'activité végétative du palmier. Notamment, qu'elle sera plus rapide avec l'enregistrement de températures élevées de l'air ; qui accélèrent l'apparition des spathes, surtout les Dokkar. Ce décalage entre les spathes mâles et femelles influe sur la disponibilité et la qualité du pollen, car sa viabilité diminue s'il n'est pas bien conservé (dessèchement).
- 5- l'application des luttés préventives contre les ennemis du dattier (mauvaises herbes, adventices, ravageurs, prédateurs et maladies). D'après Roy et Sparks (2002), les mauvaises herbes bénéficieront de nouvelles conditions favorables provoquées par le

changement climatique, favorisant l'expansion de leur aire du développement. De plus, selon certaines études, les mauvaises herbes auraient de meilleures capacités d'adaptation aux modifications du climat que les cultures. Les risques d'invasion par les insectes ravageurs pourraient augmenter et la répartition des espèces pourrait être modifiée au cours des prochaines années, en raison de conditions climatiques plus propices. De ce fait, le traitement contre le Boufaroua, au moment opportun et dans l'ensemble des exploitations, est une indispensabilité.

- 6- l'entretien des exploitations phœnicicoles et le nettoyage des palmiers ; afin de minimiser les conditions favorisant l'apparition des maladies et des ennemies du dattier et des dattes. Ainsi, pour diminuer les risques du déclenchement des feux de forêts, notamment en cas d'enregistrement de températures caniculaires en été.
- 7- la mécanisation des opérations culturales (pollinisation, traitement phytosanitaire, récolte, toilette, etc.), surtout que nous avons enregistré la rareté et la cherté de la main d'œuvre qualifiées. De ce fait, et suite aux problèmes liés à la disponibilité des spathes mâles et la pré-maturation des dattes, il est nécessaire que les opérations de pollinisation et de récolte soient réaliser en courtes durées ; ceci, implique le recoure à l'outil mécanique.
- 8- la limitation et le ciselage des épillets de dattes, dans le but de garantir une bonne production dattière. Parce que, le changement des conditions climatiques va compromit la qualité de Deglet Nour ; d'autre part, pour amoindrir la consommation en eau d'irrigation, qui sera affecter par la croissante consommation et par la lenteur du renouvellement des réservoirs souterrains, lié aux faibles niveaux de précipitations.
- 9- la réduction des doses d'irrigation durant le stade Loulou et le stade Routab, qui coïncide avec le mois de Ghoucht (de la mi-août jusqu'à la mi-septembre), afin de diminuer le taux d'humidité et permettre une bonne maturité des dattes.
- 10- la couverture des régimes de dattes, en mois d'août, pour protéger les dattes contre les ravageurs et les pluies torrentielles ; ainsi que pour créer une certaine humidité environnante, afin de produire des fruits de qualité. Rappelant que le dessèchement des dattes est dû, principalement, au manque d'eau, au faibles taux d'hygrométrie et aux fortes températures de l'air.
- 11- la construction de petits endroits du stockage à l'intérieur des palmeraies, de préférence que les matériaux de construction seront à base d'argile, pour augmenter l'isolation thermique. Cette proposition est indiquée aux petits agriculteurs, qui n'ont pas les moyennes financières pour déposer leurs productions au niveau des chambres froides (qui sont payantes).
- 12- l'augmentation de la densité de plantation au niveau des futures exploitations phœnicicoles, pour créer de la fraîcheur à l'intérieur des palmeraies. Cette densité, permettra de générer une humidité ambiante et de réduire l'évaporation ; qui seront, probablement, accentuer par la hausse prédite des températures de l'air.
- 13- l'intensification de la plantation des palmiers mâles et le développement de méthodes de collecte, de conservation et du stockage du pollen ; car l'accentuation de la hausse des températures de l'air, pourrai, allonger l'intervalle entre l'ouverture des Dokkar et des spathes femelles. Selon Babahani (2011), en conditions naturelles, le pollen du dattier se dessèche rapidement et de ce fait, il perd ses propriétés pollinisatrices. Alors

qu'avec les probables hausses de la température de l'air, le dessèchement du pollen sera plus rapide et la durée de viabilité plus courte.

- 14- le renforcement de la biodiversité variétale, surtout par des variétés sèches ; afin de récompenser les pertes, en cas de dégâts causés par les extrêmes climatiques, notamment les températures caniculaires et les précipitations diluviennes.

En fin, nous signalons que cette contribution n'est que le début d'une série du suivi et d'enregistrement, qui s'étendra à d'autres cultivars du palmier dattier, à travers d'autres entités bioclimatiques. Pour ceci, il est nécessaire d'installer un réseau de la veille et d'observation, réparti sur les principales oasis productrices de dattes ; il doit être composé de scientifiques et de chercheurs expérimentés. Le but est de constituer une base de données spatiotemporelle, afin de ressortir les besoins thermiques, hydriques et en nutriments minéraux, de chaque stade phénologique des principales variétés du dattier, selon les aires géographiques de la répartition de chacune. Ceci, nous permettra d'adapter la conduite culturale de chaque variété, suivant les conditions qui environnent sa zone de plantation, ainsi que ses besoins ; prenant en considération les différents scénarios de l'évolution future du climat.

***Références
bibliographiques***

1. Absi R (2013) *Analyse de la diversité variétale du Palmier Dattier (Phoenix dactylifera L.) : Cas des Ziban (Région de Sidi Okba)*. Mémoire de Magister, Université Mohamed Khider, Biskra, Algérie, 105 p.
2. Adams R.M, Fleming R.A, Chang C.C, McCarl B.A et Rosenzweig C (1995) A reassessment of the economic effects of global climate change on U.S. agriculture. *Climatic Change*, 30 (2), 147-167.
3. Adams R.M, Rosenzweig C, Peart R.M, Ritchie J.T, McCarl B.A, Glycer J.D, Curry R.B, Jones J.W, Boote K.J et Allen L.H (1990) Global climate change and U.S. agriculture. *Nature*, 345, 219-224.
4. Agence Nationale d'Aménagement du Territoire (2003) *Schéma directeur des ressources en eau dans la wilaya de Biskra*. Rapport de Synthèse, ANAT, Biskra, Algérie, 100 p.
5. Algérie Presse Service (APS) (2020) *Dattes: plus de 91 millions de DA pour la lutte contre le Boufaroua et le Myelois*. Consulté le 17/06/2021, <https://www.aps.dz/regions/106356-dattes-plus-de-91-millions-de-da-pour-la-lutte-contre-le-boufaroua-et-le-myelois>
6. Algérie Presse Service (APS) (2021a) *Dattes : 71 millions de dollars d'exportations en 2020*. Consulté le 08/04/2021, <https://www.aps.dz/economie/120318-dattes-71-millions-de-dollars-d-exportations-en-2020>
7. Algérie Presse Service (APS) (2021b) *Transformation des dattes : une filière émergente dans l'attente de l'amélioration du cadre juridique*. Consulté le 17/06/2021, <https://www.aps.dz/economie/120430-transformation-des-dattes-une-filiere-emergente-dans-l-attente-de-l-amelioration-du-cadre-juridique>
8. Algérie Presse Service (APS) (2021c) *Hors hydrocarbures : hausse des exportations durant les 4 premiers mois de 2021*. Consulté le 06/06/2021, <https://www.aps.dz/economie/123136-exportations-hors-hydrocarbures-une-hausse-de-64-56-durant-les-4-premiers-mois-de-2021>
9. Al-Mssallem M.Q, Alqurashi R.M et Al-Khayri J.M (2019) Bioactive Compounds of Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.). In : Murthy H et Bapat V (eds), *Bioactive Compounds in Underutilized Fruits and Nuts*. Reference Series in Phytochemistry. Springer Nature Switzerland, 91-105. https://doi.org/10.1007/978-3-030-06120-3_6-1
10. Alouini A et Bergaoui M (2001) Caractérisation de la sécheresse météorologique et hydrologique ; cas du bassin versant de Siliana en Tunisie. *Sécheresse*, 4 (12), 205-213.
11. Amrani K (2018) L'oasis et la menace climatique : aperçu et scénario probable. *SESAME INRA*. Consulté le 14/03/2020, <https://revue-sesame-inrae.fr/oasis-le-palmier-dattier-un-produit-culturel-et-culturel-33/>
12. Angers M (1997) *Initiation pratique à la méthodologie des sciences humaines*. Editions Casbah, Alger (Algérie), 146 p.
13. Atia N (2014) *la situation de la biodiversité phœnicicole dans les oasis algériennes (Ziban ; cas Sidi Okba)*. Mémoire de Master, CIHEAM-IAM de Montpellier, France, 68 p.
14. Aubigny C (2004) *MANOVA Analyse de la variance multivariée*. 20 p. Consulté le 18/12/2020, <http://grumlidesforets.free.fr/cours%20psycho/M1%20psycho/chapitre4/chapitre4.pdf>
15. Babagana A (2016) *Sahara Desert Treasures, Geography and Associated Wonders: Yesterday, Today and Tomorrow*. Rapport, UNITAR-GENEVA, Nigeria, 18 p.

16. Babahani S (2011) Analyses biologique et agronomique de palmiers mâles et conduite de l'éclaircissage des fruits chez les cultivars Ghars et Deglet Nour. Thèse de Doctorat, ENSA, El-Harrach – Alger, Algérie, 202 p.
17. Babahani S et Eddoud A (2012) Effet de la température sur l'évolution des fruits chez quelques variétés du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). *Algerian journal of arid environment*, 2 (1), 36-41.
18. Bakour S (2003) *Etude des dysfonctionnements de certains périmètres phœnicicoles dans la cuvette de Ouargla : Cas des palmeraies traditionnelles de la commune de Ouargla*. Mémoire d'Ingénieur, Département des Sciences Agronomiques, Université d'Ouargla, Ouargla, Algérie, 137 p.
19. Balasubramanian A (2013) *Desertecology*. Report. University of Mysore, Inde, 12 p.
20. Barret H.C (1973) Date Breeding and improvement in North America. *Fruit Var. J*, 27, 50-55.
21. Baslam M, Qaddoury A et Goicoechea N (2014) Role of native and exotic mycorrhizal symbiosis to develop morphological, physiological and biochemical responses coping with water drought of date palm, *Phoenix dactylifera*. *Trees*, 28, 161-172.
22. Bchini H (2006) Quelques critères morphologiques de sélection indirecte des pollinisateurs a effet metaxénique chez la variété de palmier dattier 'Deglet Nour' de Tunisie. *Plant Gen. Res. Newsl.*, 145, 46-60.
23. Belarbi A, Aymard C et Hebert J.P (2000) Evolution de la qualité de la datté Deglet-Nour lors de traitements thermiques : II. texture. In : *Journée du pôle génie des procédés*, Montpellier, France.
24. Ben Abdallah A (1990) La phœniciculture. In : *Les systèmes agricoles oasiens*. Options Méditerranéennes : Série A, Séminaires Méditerranéens, 11, 105-120.
25. Benjamin S, Serge J, Christian B et Bertrand M (2008) Les impacts agronomiques du climat en Afrique de l'ouest. *Sécheresse*, 19 (1), 29-37.
26. Benoit G et Comeau A (2005) *Méditerranée, Les perspectives du Plan Bleu sur l'environnement et le développement*. Éditions de l'Aube, France, 428 p.
27. Benssaoud R (2002) *Climat et santé humaine au Maghreb*. Projet régional RAB/94/g31 renforcement des capacités au Maghreb, 99 p.
28. Benziouche S.E (2012) *Analyse de la filière dattes en Algérie ; constats et perspectives de développement, cas de la Daïra de Tolga*. Thèse de Doctorat, ENSA, El-Harrach – Alger, Algérie, 470 p.
29. Benziouche S.E (2016) Les dattes biologiques comme outil de développement de la filière dattes dans la région des Ziban, Algérie. In : *Proceeding de Séminaire International, Gestion intégrée et durable des territoires oasiens*, Maroc, 152-264.
30. Benziouche S.E (2017) L'agriculture biologique, un outil de développement de la filière dattes dans la région des Ziban en Algérie. *Cah. Agric*, 26, 35008.
31. Benziouche S.E et Chehat F (2010) La conduite du palmier dattier dans les palmerais des Ziban ; Quelques éléments d'analyse. *Européen Journal of Scientific Recherche*, 42 (4), 644-660.
32. Benziouche S.E et Chehat F (2019) Irrigation problem in Ziban oases (Algeria): causes and consequences. *Environment, Development and Sustainability*, 21 (6), 2693-2706.

33. Blama A (2014) Dix sept wilayas productrices de datté, une richesse inépuisable pour l'Algérie. *Le Monde des Dattes*, 1, 14-15.
34. Bouammar B (2007) *Le développement agricole dans les régions sahariennes*. Document Multigraphié, Département des Sciences Economiques, Université de Ouargla, Ouargla, Algérie, 64 p.
35. Bouammar B, Cheloufi H et Aouidane L (2011) La dynamique agricole dans la zone d'El Ghrous (Biskra) : Entre le boom maraîcher et la lente généralisation des systèmes de production phœnicicoles, *Annales des Sciences et Technologie*, 3 (2), 141-148.
36. Bouammar B (2010) *Le développement agricole dans les régions sahariennes ; Etude de cas de la région de Ouargla et de la région de Biskra*. Thèse de Doctorat, Département des sciences économiques, Université de Ouargla, Algérie, 290 p.
37. Boudjellal L (2009) *Rôle de l'oasis dans la création de l'îlot de fraîcheur dans les zones chaudes et arides « Cas de l'oasis de Chetma -Biskra- Algérie »*. Mémoire de magister, Université Mentouri – Constantine, Algérie, 145 p.
38. Bouguedoura N, Bennaceur M, Babahani S et Benziouche S.E (2015) Date Palm Status and Perspective in Algeria. In : *Date palm Genetic Resources, Cultivar Assessment, Cultivation Practices and Novel Products*. Springer, 125-168.
39. Bounaga N (1991) Le palmier-dattier, rappels biologiques et problèmes physiologiques. In : *Physiologie des Arbres et Arbustes en Zones Arides et Semi-arides*, France, 323-336.
40. Bounaga N et Djerbi M (1990) Pathologie du palmier dattier. In : *Les systèmes agricoles oasiens*. Options Méditerranéennes : Série A, Séminaires Méditerranéens, 11, 127-132.
41. Bourjac M (2019) Les terres oasiennes comme dernier rempart face à la désertification. *El Waha*, 10.
42. Bouzid A (1993) *Contribution à l'étude de la dynamique de la salinité dans un sol sableux sous irrigation par pivot (Gassi-Touil)*. Mémoire d'Ingénieur, INFAS, Ouargla, Algérie, 46 p.
43. Boyer J.S (1982) Plant productivity and environment. *Science*, 218, 443-448.
44. Braud I (2011) Méthodologies d'analyse de tendances sur de longues séries hydrométéorologiques. *Fiche technique OTHU*, 23, 25-30.
45. Brigode P (2013) *Changement climatique et risque hydrologique : Evaluation de la méthode SCHADEX en contexte non-stationnaire*. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, France, 317 p.
46. Bûcher A et Dubief J (1995) Quelques statistiques des températures relevées à l'Asekrem, en Algérie. *La Météorologie*, 12, 38-45.
47. Buelguedj M (2007) *Evaluation du sous-secteur des dattes en Algérie*. INRAA El-Harrach (Algérie), 60 p.
48. Buldgen A, Piraux M et Compère R (1994) Sécheresse dans le bassin arachidier sénégalais, Analyse SIG des nouvelles zones agro-écologiques et certaines productions à risques. *Sécheresse*, 5 (1), 51-56.
49. Bureau National d'Etudes pour le Développement Rural (BNEDER) (2018) Analyse de Risque et de Vulnérabilité au Changement Climatique du secteur des forêts en Algérie. Rapport, BNEDER, Alger, Algérie, 48 p.

50. Burt J (2008) *Growing date palms in Western Australia*. Government of Western Australia, Dept. of Agr. and Food, Farmnote, No. 55/99, 4 p.
51. Cannell M.G.R et Smith R.I (1983) Thermal Time, Chill Days and Prediction of Budburst in *Piceasitchensis*. *Journal of Applied Ecology*, 20, 951-963.
52. Cramer W, Guiot J et Marini K (2019) *Les risques liés aux changements climatiques et environnementaux dans la région méditerranée*. Rapport, MedECC, Suède, 35 p.
53. Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides (CRSTRA) (2018) *Cartes de la wilaya de Biskra*. Service de géomatique, de cartographie et de la base de données satellitaires multi-sources, CRSTRA, Biskra, Algérie.
54. Centre d'Information sur l'Eau (CIEAU) (2019) *La sécheresse : d'où vient-elle et comment agir ?*. Consulté le 06/06/2021, <https://www.cieau.com/connaitre-leau/secheresse-comment-agir/>
55. Chappell J (2002) Sea level changes forced ice breakouts in the Last Glacial cycle: new results from coral terraces. *Quaternary Science Reviews*, 21 (10), 1229-1240.
56. Charre J (1997) Dessine-moi un climat. Que penser du diagramme ombrothermique ?. *Mappemonde*, 2/97, 29-31.
57. Chaulet C et Zoghbi S (1990) *Risques climatiques et pratiques agricoles, une investigation préliminaire auprès des agriculteurs (1987-1988)*. Enquête préparée par le CREAD et réalisée par l'ONM, 112 p.
58. Chehma A (2011) *Le Sahara en Algérie, situation et défis*. Atelier sous-régional sur « L'effet du changement climatique sur l'élevage et la gestion durable des parcours dans les zones arides et semi-arides du Maghreb », Ouargla 21-24 Novembre 2011, Algérie, 14-21.
59. Chotte J.L et Kosuth P (2015) Changement climatique et systèmes de production agricole et d'élevage. *Les Dossiers d'Agropolis International : Extrait du dossier "Changement climatique : impacts et adaptations"*, 20, 69-85.
60. Chouicha S, Boubekri A, Bouguettaia H, Mennouche D et Berrebeuh M.H (2010) Séchage et qualité des dattes Deglet-Nour réhumidifiées par utilisation d'un séchoir solaire hybride. *Annales des Sciences et Technologie*, 2 (1), 37-47.
61. Côte M (2002) Des oasis aux zones de mise en valeur : l'étonnant renouveau de l'agriculture saharienne. *Méditerranée*, 3 (4), 5-14.
62. Daddi Bouhoun M (1997) *Contribution à l'étude de l'évolution de la salinité des sols et des eaux d'une région saharienne : Cas de M'zab*. Mémoire de Magister, INA, Alger, Algérie, 178 p.
63. Darwin R, Tsigas M, Lewandrowski J et Raneses A (1995) *World Agriculture and Climate Change: Economic Adaptations*. Agricultural Economic Report Number 703, Washington, USA, 86 p.
64. Da Silva L (2009) *L'impact économique des changements climatiques sur l'agriculture canadienne*. Mémoire de maîtrise, HEC Montréal, Canada, 75 p.
65. Davis R.E, McGregor G.R et Enfield K.B (2016) Humidity: A review and primer on atmospheric moisture and human health. *Environmental Research*, 144, 106-116.
66. Derkaoui I (2012) *Impact des paramètres météorologiques sur la mortalité globale à Oran en 2009*. Mémoire de Magister, Département de Physique, Université d'Oran Es-senia, Oran, Algérie, 55 p.

67. Dhaou H (2003) *Impact de la sécheresse sur les oliviers dans les zones arides tunisiennes ; Cas du bassin versant d'Oum Zessar (Médenine)*. Rapport, Institut National Agronomique de Tunis, Tunis, Tunisie, 203 p.
68. Dhaou H, Ouerchefani D, Taamallah H, Donald G et Ouessar M (2009) Drought Impact on the Olive-Trees in the Tunisian Jeffara. *Journal of Arid Land Studies*, 19, 331-334.
69. Dhar O.N, Rakhecha P.R et Kulkarni A. K (1979) Rainfall study of severe drought years. In : *Dyer. Proc. Symp. hydrological aspects of drought*, Delhi, India, 363-372.
70. Direction de la programmation et du suivi budgétaire de la wilaya de Biskra (2019) *Monographie de la wilaya de Biskra 2018*. DPSB, Biskra, Algérie, 203 p.
71. Direction des services agricoles de la wilaya de Biskra (2018) *Rapport Final sur le Secteur Agricole*. DSA, Biskra, Algérie, 62 p.
72. Direction des services agricoles de la wilaya de Biskra (2021) *Rapport Final sur le Secteur Agricole*. DSA, Biskra, Algérie.
73. Djerbi M (1986) *Les maladies du palmier dattier*. Projet Régional de lutte contre le Bayoud, FAO, Alger, Algérie, 127 p.
74. Djoudi I (2013) *Contribution à l'identification et à la caractérisation de quelques accessions du palmier dattier (Phoenix Dactylifera. L) dans la région de Biskra*. Mémoire de magister, Université de Biskra, Algérie, 126 p.
75. Dowson V.H.W (1982) *Date production and protection*. Technical paper, no. 35, FAO publication, Rome, Italie.
76. Edwards D.C et McKee T.B (1997) Characteristics of 20th Century Drought in the United States at Multiple Times Scales. *Atmospheric Science Paper*, 634, 1-30.
77. Enaimi J.H et Jafar A (1980) *La physiologie et la morphologie du palmier dattier (Phoenix dactylifera L.)*. Ed. Université El Basra et université d'Agronomie, Iraq, 257 p.
78. El Afifi B (1986) *Contribution à l'étude des terrains salés de l'Oranie, stations typiques des zones côtières et des bordures d'oueds*. Mémoire D.E.S, Université d'Oran, Algérie, 71 p.
79. Faci M (2016) *L'agriculture oasienne : entre déclin et réhabilitation*. EUE, Sarrebruck, Allemagne, 148 p.
80. Faci M (2018) Evolution du nombre et de la durée de l'apparition des canicules en Algérie. In : *Actes du 31^e colloque de l'Association Internationale de Climatologie*, France, 80-85.
81. Faci M (2019) Typology and varietal biodiversity of date palm farms in the North-East of Algerian Sahara. *Journal of Taibah University for Science*, 13 (1), 764-771.
82. Faci M et Benziouche S.E (2021) Contribution to monitoring the influence of air temperature on some phenological stages of the date palm (cultivar 'Deglet Nour') in Biskra. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 20 (4), 248-256.
83. Faci M, Benziouche S.E, Roumani M, Berredjough D, Kharfallah N.E et Azzouz R (2020) Notes de suivi du cycle phénologique du palmier dattier vis-à-vis les nouvelles conditions climatiques (cas de la région des Ziban). In : *Actes du 33^e Colloque de l'Association Internationale de Climatologie*, France, 295-300.

84. Faci M, Matari A, Oubadi M et Farhi Y (2016) Analyse des journées de forte chaleur en Algérie. In : *Actes du 29^e Colloque de l'Association Internationale de Climatologie*, France, 261-266.
85. Faci M, Oubadi M, Matari A et Farhi Y (2018a) Heat waves in Algeria: A potential risk. *International Journal of Innovative Technical and Applied Sciences*, 2 (1), 13-21.
86. Faci M, Oubadi M, Matari A et Farhi Y (2018b) Analyse des journées caniculaires au Sahara algérien. *Revue des Régions Arides*, 41 (1), 37-42.
87. Falco C, Galeotti M et Olper A (2019) Climate change and migration: Is agriculture the main channel?. *Global Environmental Change*, 59, 101995.
88. FAOSTAT (2020) *Cultures*. Consulté le 23/12/2020, <http://www.fao.org/faostat/fr/#data/QC>
89. Fedala N, Mokhtari M et Mekimene L (2020) Contribution à la valorisation des dattes (Deglet-Nour) dans la fabrication du fromage de chèvre. *Agrobiologia*. 10 (1), 1918-1928.
90. Flint H.L (1974) *Phenology and genecology of woody plants. Phenology and Seasonality Modeling*. Ed. H. Lieth. Springer-Verlag, Berlin, Allemagne, 83-97.
91. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2015) *The State of Food and Agriculture ; Social protection and agriculture: breaking the cycle of rural poverty*. FAO, Rome, Italie, 130 p.
92. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2016a) *Renforcer la résilience face aux changements climatiques*. FAO, Rome, Italie, 14 p.
93. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2016b) *La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture ; changement climatique, agriculture et sécurité alimentaire*. FAO, Rome, Italie, 191 p.
94. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2016c) *L'action de la FAO face au changement climatique*. FAO, Rome, Italie, 35 p.
95. Fookes P.G et Mark-Lee E (2009) Desert environments: landscapes and stratigraphy. *Geology Today*, 25 (5), 172-180.
96. Foufou A et Bord J.P (2016) Techniques de gestion et de partage de l'eau agricole dans les oasis traditionnelles de Biskra ; Cas de l'oasis de Chettma (Bas-Sahara algérien). *Revue Agriculture*. 11, 44-54.
97. Fournier A (1991) *Phénologie, croissance et production végétales dans quelques savanes d'Afrique de l'Ouest ; Variation selon un gradient climatique*. ORSTOM, Paris, France, 312 p.
98. French A, Macedo M, Poulsen J, Waterson T et Yu A (2020) *Multivariate Analysis of Variance (MANOVA)*. 8 p. Consulté le 20/12/2020, <http://online.sfsu.edu/efc/classes/biol710/manova/MANOVAnewest.pdf>
99. Fuchigami L.H, Weiser C.J, Kobayashi K, Timmis R et Gusta L.V (1982) A degree growth stage (°GS) model and cold acclimation in temperate woody plants. In : *Plant Cold Hardiness and Freezing Stress. Mechanisms and Crop Implications*. Eds. P.H. Li and A. Sakai. Academic Press, New York, USA, 93-116.
100. Furr J.R et Ream C.L (1970) Fruit set of dates as affected by pollen viability and dust or water on stigmas. In : *Dates Grower's Institut Ann. Report*, 47, 11-14.

101. Gaspard C (2019) *L'enquête de terrain : définition, méthodes, conseils et exemple*. Scribbr, Amsterdam, Pays Bas. Consulté le 18/10/2020, <https://www.scribbr.fr/methodologie/enquete-de-terrain/>
102. Gecit J (2020) L'Afrique de l'Ouest sera-t-elle touchée à son tour par les invasions de criquets pèlerins ?. *CommodAfrica*, Consulté le 18/02/2020, <http://www.commodafrica.com/20-03-2020-lafrique-de-louest-sera-t-elle-touchee-son-tour-par-les-invasions-de-criquets-pelerins>
103. Geffray S (2008) *Corrélation linéaire et régression linéaire simple*. IUT Carquefou, France, 19 p.
104. Gerald C.N, Mark W.R, Jawoo K, Richard R, Timothy S, Tingju Z, Claudia R, Siwa M, Amanda P, Miroslav B, Marilia M, Rowena V.S, Mandy E et David L (2009) *Changement climatique, impact sur l'agriculture et coûts de l'adaptation*. IFPRI, New York, USA, 19 p.
105. Giannakopoulos C, Bindi M, Moriondo M, LeSager P et Tin T (2005) *Climate change impacts in the Mediterranean resulting from a 2°C global temperature rise*. A report for WWF, 67 p.
106. Gounni S (2012) *Analyse de la compétitivité de la filière dattes en Algérie : Cas de la Deglet Nour dans la wilaya de Biskra*. Mémoire de Magister, Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El-Harrach, Algérie, 114 p.
107. Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) (2007) *Changements climatiques 2007, Résumé à l'intention des décideurs : Impacts, Adaptation et Vulnérabilité*. Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, GIEC Cambridge, 22 p.
108. Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) (2014) *Changements climatiques 2014*. Rapport de synthèse, Contribution des Groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation, Genève, Suisse, 161 p.
109. Guerrien M (2003) L'intérêt de l'analyse en composantes principales (ACP) pour la recherche en sciences sociales. *Cahiers des Amériques latines*, 43, 181-192.
110. Haddad A (2011) Contribution à l'étude de la répartition spatiale de la végétation spontanée de la région de Biskra. Mémoire de Magistère, Université Mohamed Khider, Biskra, Algérie, 153 p.
111. Hailu M et Campbell B (2013) *Climate-smart agriculture: Success Stories, from farming communities around the world*. CTA, Wageningen, Pays Bas, 42 p.
112. Haj-Amor Z, Acharjee T.K, Dhaouadi L et Bouri S (2020) Impacts of climate change on irrigation water requirement of date palms under future salinity trend in coastal aquifer of Tunisian oasis. *Agricultural Water Management*, 228, 105843.
113. Hamel N et Benazzouz N (2017) La conception de la méthode d'enquête en sciences humaines. *Revue des sciences de l'homme et de la société*, 23, 19-35.
114. Hami S.A (2015) *Etude de l'alimentation hydrique du palmier dattier (Phoenix dactylifera L.) dans le contexte pédoclimatique de la zone littorale de la République de Djibouti*. Thèse de Doctorat, Université d'Orléans, France, 178 p.
115. Hamouda A et Brinis N (2017) Potentialités touristiques rurales en zones arides. Cas d'El Kantara, Algérie. *IJIRHS*, 1 (1), 44-52.

116. Hereher M (2011) The Sahara: A desert of change. In : Sand Dunes: *Ecology, Geology and Conservation*. Nova Science Publishers, New York, USA, 101-114.
117. Herms D.A (2004) Using degree-days and plant phenology to predict pest activity. In : *IPM (Integrated Pest Management) of Midwest Landscapes*, CFANS, University of Minnesota, USA, 49-59.
118. Hayes M (1996) *Drought Indices*. National Drought Mitigation Center. Consulté le 18/02/2020, <http://enso.unl.edu/ndmc>
119. Idder M.A (2002) La préservation de l'écosystème palmeraie; une priorité absolue (cas de la cuvette de Ouargla), *Séminaire international sur le développement de l'agriculture saharienne comme alternative aux ressources épuisables*, Biskra du 22 au 23/10/2002.
120. International Union for Conservation of Nature (IUCN) (2015) *2014 Annual Report of the Species Survival Commission (SSC) and the Global Species Programme*. IUCN, 212 p
121. Jalloh A, Nelson G.C, Thomas T.S, Zougmore R et Roy-Macauley H (2017) *L'Agriculture ouest-africaine et le changement climatique*. Institut International de Recherche sur les Politiques Alimentaires, USA, 432 p.
122. Kaplan A, Cane M.A, Kushnir Y.A et Clement A.C (1998) Analyses of global sea surface temperature, 1856-1991. *Journal of geophysical research*, 103, 18567-18589.
123. Kerveno Y (2019) Climat et agriculture : Il faudra toute une chaîne de transformations. *SESAME*, 6, 30-33.
124. Kharbouch B (2017) *Énergies éolienne, énergies solaire thermique, énergies photovoltaïque*. Notes de cours, Faculté des sciences d'Agadir, Maroc, 38 p.
125. Khechai S et Laadjal H (2006) les relations Sol-Végétation du Nord-Est du Sahara algérien : inventaire, classification et répartition ; cas des oasis des Ziban. *Journées internationales sur la désertification et le développement durable*, du 10 au 12 juin 2006, CRSTRA, Biskra, Algérie.
126. Kling-Eveillard F, Frappat B, Couzy C et al (2012) *Les enquêtes qualitatives en agriculture : De la conception à l'analyse des résultats*. Institut de l'élevage, France, 95 p.
127. Koudamilo O, Vissin E.W, et Dipama J.M (2017) Caractérisation des risques hydroclimatiques dans le bassin versant de l'Ouémé à l'exutoire de Bétérou au Bénin (Afrique de l'Ouest). *European Scientific Journal*, 13 (15), 101-118.
128. Lakhdari F, Roumani M, Nia B, Bensalah M.K, Bencheikh A, Benguega Z, Dakhia N et Benaziza A (2016) Réseau de veille phénologique et changements climatiques en milieu oasien. *Journal Algérien des Régions Arides*, Numéro spécial 2016, 82-90.
129. Lalouani S et Alkama D (2013) The Requalification of the Palm Trees of Ziban as a Tool for Sustainable Planning. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 102, 508-519.
130. Landsberg J.J (1977) Effects of weather on plant development. In : *Environmental Effects on Crop Physiology*. Eds. J.J. Landsberg and C.V. Cutting. Academic Press, Londres, Angleterre, 289-307.
131. Le Guen J, Mesquida J, Pierre J.N, Morin G, Tasei J.N et Carre S (1993) Efficacité pollinisatrice de différents traitements sur 2 lignées de féverole de printemps (*Vicia faba* L. Var. Equina Steudel), à des niveaux d'auto fertilité différents, avec utilisation de diverses espèces de *Bombus* Latr. (Hymenoptera : Apidae). *Apidologie*, 24 (2), 129-145.

132. Lescarmontier L, Guilyardi E, Matthews R, Pen Point S, Bhai Rumjaun A, Schlüpmann J et Wilgenbus D (2019) *Rapport Spécial du GIEC « Réchauffement à 1,5 °C » — Résumé à destination des enseignants*. Office for Climate Education, 24 p.
133. Le Treut H (2013) Trop tard pour éviter tout changement. *Press El Watan*, 27 Octobre 2013, p 6.
134. Le Treut H, Somerville R, Cubasch U, Ding Y, Mauritzen C, Mokssit A, Peterson T et Prather M (2007) Historical Overview of Climate Change. In : *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom et New York, USA. 93-127.
135. L'hôte Y (1993) *Mesure et étude des précipitations en hydrologie*. DEUST - Génie hydro-sanitaire et aquacole, Université de Montpellier II, France, 38 p.
136. Louvet J et Toutain G (1973) Recherches sur les fusarioses VIII. Nouvelles observations sur la fusariose du palmier dattier et précisions concernant la lutte. *Ann. Phytopathol*, 4, 35-52.
137. Luttge U, Kluge M et Bauer G (2002) *Botanique*. 3^e édition, Tec et Doc/Lavoisier, Paris, France, 604 p.
138. Madhava Rao K.V, Raghavendra A.S et Janardhan Reddy K (2006) *Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants*. Springer, Netherlands, 337 p.
139. Mangenet T (2013) *Approche rétrospective des cycles phénologiques chez quelques espèces guyanaises ; Vers une nouvelle branche de la dendrochronologie ?*. Thèse de Doctorat, Université Montpellier 2 Sciences et Techniques, Montpellier, France, 200 p.
140. Mansouri H (2019) *Analyse en Composantes Principales (ACP)*. Mémoire de Master, Université Mohamed Khider, Biskra, Algérie, 43 p.
141. Marbaix P (2018) *Le rapport spécial du GIEC ; Réchauffement planétaire de 1,5 °C*. Plateforme Wallonne pour le GIEC, Lettre N°11, Liège, Belgique, 12 p.
142. Marshall A, Lavie E, Chaléard J.L, Fort M et Lombard J (2014) Les oasis dans la mondialisation : ruptures et continuités. *Actes du colloque international, Paris, France, le 16 et le 17 décembre 2013*, 7-10.
143. Matari A (2012) Cas des pluies exceptionnelles sur Biskra et ses environs en 1969. *Cours International sur la gestion des risques climatiques*, de 11 au 15 novembre 2012, Biskra, Algérie, 22 p.
144. Mazoyer M, Aubineau A, Bougler J, Ney B et Rouger-Estrade J (2002) *Larousse agricole : le monde paysan au XXI^e siècle*. Larousse, Paris, France, 767 p.
145. McKee T.B, Doesken N.J et Kleist J (1993) The relationship of drought frequency and duration of time scales. In : *Eighth Conference on Applied Climatology*, Anaheim CA, USA, 179-186.
146. McLeod A.I, Hipel K.W et Bodo B.A (1990) Trend analysis methodology for water quality time series. *Environmetrics*, 2, 169-200.
147. Meddi M, Meddi H, Ketrouci K et Matari A (2005) Tendances du régime pluviométrique et sécheresse dans le nord-ouest algérien. In : *IV^e Colloque du département de géographie, Eau et Espace : ressources, enjeux et aménagements*.

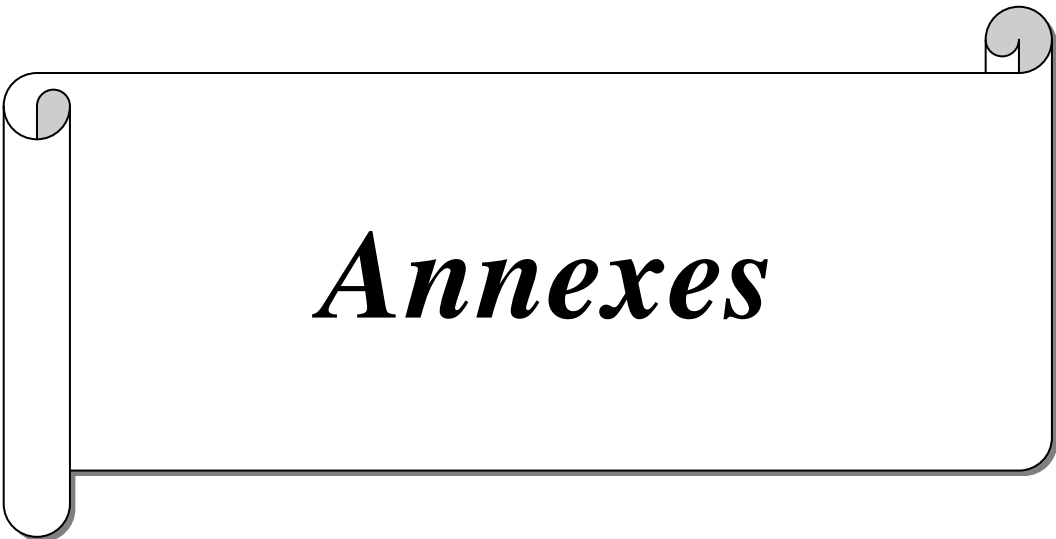
148. Megnounif A (2007) Key processes in fluencing erosion and sediment in a semi-Arid Mediterranean area: the Upper Tafna catchment. *Hydrological Sciences Journal*, 52 (6), 1271-1284.
149. Mekliche A (1976) *Etude de la production du blé tendre (Siète Cerros) avec complément d'irrigation*. Thèse I.N.A El-Harrach, Alger, Algérie, 102 p.
150. Meliani S (2017) *Etudes morphogénétique et cytogénétique de l'appareil reproducteur du palmier dattier (Phoenix dactylifera L.) ; Cultivar 'Takerbucht'*. Thèse de Doctorat, Université Oran 1 Ahmed Ben Bella, Oran, Algérie, 198 p.
151. Menasra A et Bouzaher-Lalouani S (2019) Les oasis des Ziban : un patrimoine paysager menacé. Cas de la région des Ziban, Algérie. *IJRHS*, 3 (1), 5-12.
152. Mendelson R et Shaw D (1994) The Impact of Global Warming on Agriculture: A Ricardian Analysis. *The American Economic Review*, 84, 753-771.
153. Messar E.M (1993) Le secteur phœnicicole algérien : Situation et perspectives à l'horizon 2010. In : *Le palmier dattier dans l'agriculture d'oasis des pays méditerranéens*. Options Méditerranéennes, Série A, Séminaires Méditerranéens, 28, 23-44.
154. Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et de la Pêche (MADRP) (2018) Statistiques agricoles, série B.
155. Moulaï A et Yahaya A (2019) *Note d'actualité sur les Oasis d'Algérie*. Rapport, RADD0, Montpellier, France, 12 p.
156. Mucchielli R (1994) *Questionnaire dans l'enquête psychosociale*. Collection formation permanente Sc. humaines, 9ème édition, Paris, France, 144 p.
157. Munier P (1973) *Le palmier dattier*. Maison-neuve et Larose, Paris, France, 217 p.
158. Nixon R.W (1951) The date palm: "Tree of Life". *The subtropical deserts. Econ. Bot*, 5, 274-301.
159. Nacer M et Tiar K (2012) *Impact de la salinité due au traitement de sel sur l'environnement ; cas d'ENASEL El-Outaya wilaya de Biskra*. Mémoire d'ingénieur, Université Mohamed Khider, Biskra, Algérie, 75 p.
160. Nixon W.R et Carpenter J.B (1978) Growing dates in the United States. *Agri. Info. Bull*, 207, 21-23.
161. Nothias J.L (2007) *Quelle est la température la plus basse ?*. Press Le Figaro, Consulté le 14/10/2020, https://www.lefigaro.fr/sciences/2007/07/04/01008-20070704ARTFIG90030-quelle_est_la_temperature_la_plus_basse.php
162. Observatoire National des Filières Agricoles et Agroalimentaires (ONFAA) (2016a) *Suivi de campagne phœnicicole*. Note de conjoncture N° 1, ONFAA, Alger, Algérie, 5 p.
163. Observatoire National des Filières Agricoles et Agroalimentaires (ONFAA) (2016b) *Suivi de campagne phœnicicole*. Note de conjoncture N° 2, ONFAA, Alger, Algérie, 7 p.
164. Office National de la Météorologie (ONM) (2019) Résumés annuels du temps en Algérie. ONM, Alger, Algérie, 112 p.
165. Organisation des Nations Unies (ONU) (2019) Plus de 10.000 décès et 61 millions de personnes touchées par des catastrophes naturelles en 2018. *ONU Info*, Consulté le 20/06/2021, <https://news.un.org/fr/story/2019/01/1034692>
166. Organisation Mondiale de Météorologie (OMM) (1950) *Guide provisoire des méthodes internationales concernant les instruments et les observations météorologiques*. OMM, Lausanne, Suisse, 115 p.

167. Organisation Mondiale de Météorologie (OMM) (2007) *Bilan des changements climatiques, quatrième rapport d'évaluation du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)*. OMM, Genève, Suisse, 103 p.
168. Organisation Mondiale de Météorologie (OMM) (2012) *Guide d'utilisation de l'indice de précipitations normalisé*. OMM, Genève, Suisse, 17 p.
169. Organisation Mondiale de Météorologie (OMM) (2017) *Directives de l'OMM pour le calcul des normales climatiques*. OMM, Genève, Suisse, 20 p.
170. Organisation Mondiale de Météorologie (OMM) (2020) *KNMI Climate Change Atlas*. Consulté le 21/12/2020, <http://climexp.knmi.nl/start.cgi>
171. Organisation Mondiale de Météorologie (OMM) (2021) *2020 est l'une des trois années les plus chaudes jamais enregistrées*. Consulté le 14/01/2021, <https://public.wmo.int/fr/medias/communiqu%C3%A9s-de-presse/2020-est-l%E2%80%99une-des-trois-ann%C3%A9es-les-plus-chaudes-jamais-enregistr%C3%A9es>
172. Organisation Mondiale de Météorologie (OMM) et Partenariat Mondial pour l'Eau (GWP) (2016). *Manuel des indicateurs et indices de sécheresse*. Programme de gestion intégrée des sécheresses, OMM, Genève, Suisse, 45 p.
173. Oudin L (2004) *Recherche d'un modèle d'évapotranspiration potentielle pertinent comme entrée d'un modèle pluie-débit global*. Thèse de Doctorat, Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts, Paris, France, 495 p.
174. Pagney P (1994) *Les climats de la Terre*. Masson, Paris, France, 166 p.
175. Parsad R, Bhar L (1987) Multivariate analysis of variance. *Journal of Counseling Psychology*, 34, 1-12.
176. Peisern Y (2015) *Cours de Physique*. Lycée du Nord, Wiltz, Luxembourg, 77 p.
177. Pereau-Leroy (1955) *Le palmier dattier*. IFAC-CIRAD, Montpellier, France.
178. Perry T.O (1971) Dormancy of trees in winter. *Science*, 171, 29-36.
179. Pinson L (2016) *Analyse et représentation des épisodes caniculaires en zones urbaines denses : De la mesure à la conception d'un indice de dangerosité*. Thèse de Doctorat, Université Paris-Est, Paris, France, 421 p.
180. Ramamasy S et Baas S (2007) *Climate variability and change: adaptation to drought in Bangladesh. A resource book and training guide*. Asian Disaster Preparedness Center, FAO, Rome, Italie, 56 p.
181. Rechachi M (2017) *Impact de la qualité des eaux d'irrigation sur la salinisation des sols en régions arides et semi arides : cas de la région du Ziban*. Thèse de Doctorat, Université Mohamed Khider, Biskra, Algérie, 389 p.
182. Reinsborough M.J (2003) A Ricardian model of climate change in Canada. *Canadian Journal of Economics*, 36 (1), 21-40.
183. Reuveni O (1986) Date. In : *Handbook of Fruit Set and Development*. Monselise, P.S. (Ed.). CRC Press, Inc. Boca Raton, USA, 119-140.
184. Reynes M (1997) *Influence d'une technique de désinfestation par micro-ondes sur les critères de qualité physico-chimiques et biochimiques de la datte*. Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine, France, 232 p.
185. Rezki Z (2013) *Caractérisation des crues d'oued Abiod au droite de la retenue du barrage de foug El Guerza Biskra*. Mémoire de Master, Université Mohamed Khider–Biskra, Algérie, 110 p.

186. Ribeyre Q (2015) *Influence de l'humidité de l'air sur la perte de charge d'un dépôt nanostructure*. Thèse de Doctorat, Université de Lorraine, Nancy, France, 182 p.
187. Rosenzweig C et Parry M.L (1994) Potential Impact of Climate Change on World Food Supply. *Nature*, 367 (6459), 133-138.
188. Rouabhi A, Hafsi M et Monneveux P (2019) Climate change and farming systems in the region of Setif (Algeria). *JAIED*, 113 (1), 79-95.
189. Rouai M et Zouzou A (2017) *Estimation du potentiel de la production d'hydrogène à partir de la biomasse*. Mémoire de Master, Université Kasdi Merbah, Ouargla, Algérie, 79 p.
190. Roy D.B et Sparks T.H (2002) Phenology of British butterflies and climate change. *Global Change Biology*, 6 (4), 407-416.
191. Saadi S, Todorovic M, Tanasijevic L, Pereira L.S, Pizzigalli C et Lionello P (2015) Climate change and Mediterranean agriculture: impacts on winter wheat and tomato crop evapotranspiration, irrigation requirements and yield. *Agric. Water Manage*, 147, 103-115.
192. Safar-Zitoun M (2018) *Plan national sécheresse Algérie*. Rapport, Alger, Algérie, 86 p.
193. Sabri A, Bouaziz A, Hammani A, Kuper M, Douaik A et Badraoui M (2017) Effet de l'irrigation déficitaire contrôlée sur la croissance et le développement foliaire du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.). *Cah. Agric*, 26, 55005.
194. Sakai A et Larcher W (1987) *Frost survival of plants, Responses and Adaptation to Freezing Stress*. Springer-Verlag, Berlin, Allemagne, 321 p.
195. Sarvas R (1972) Investigations on annual cycle of development of forest trees ; Active period. *Commun. Inst. For. Fenn*, 76, 1-110.
196. Sarvas R (1974) Investigations on the annual cycle of development of forest trees ; Autumn dormancy and winter dormancy. *Commun. Inst. For. Fenn*, 84, 1-101.
197. Sedra M.H (2001) *La maladie du Bayoud du palmier dattier (Phoenix dactylifera L.), extension, dégâts, diagnostic et recommandations pratiques de prévention pour l'extension et le développement de la maladie*. Brochure de vulgarisation N° 4. (Réseau Arabe de Recherches et de Développement du Palmier -ACSAD-, Syrie, 24 p.
198. Sedra M.H (2003) *Le Palmier Dattier base de la mise en valeur des oasis au Maroc ; Techniques phœnicicoles et Création d'oasis*. INRA-Editions, Rabat, Maroc, 265 p.
199. Seltzer P (1946) *Le climat de l'Algérie*. Inst. Météo. Et de Phys. Du globe, Université d'Alger, Algérie, 219 p.
200. Si Bennasseur A (2005) Référentiel pour la conduite technique du palmier dattier (*Phoenix Dactylifera* L.). *Doc Player*, 102-112.
201. Simonneau P (1961) Observations sur l'irrigation du palmier dattier. *Les journées de la datte*, le 3 et le 4 mai 1961, Algérie.
202. Slimani I (2016) *Fiche pratique : Constitution d'un échantillon*. 7 p. Consulté le 06/06/2021, https://www.itreetools.org/resources/reports/iTree_Strasbourg_Report_updated.pdf
203. Smith T.M, Leemans R et Shugart H.H (1992) Sensitivity of terrestrial carbon storage to CO₂ induced climate change : Comparison of four scenarios based on general circulation models. *Climatic Change*, 21, 367-384.

204. Sneyers R (1990) *On the statistical analysis of series of observations*. OMM, Genève, Suisse, 194 p.
205. Sneyers R (1975) *Sur l'analyse statistique des séries observations*. Note technique numéro 143, Secrétariat de l'Organisations Météorologique Mondiale.
206. Statistical Tools For High-Throughput Data Analysis (STHDA) (2020) Logiciel de calcul du coefficient de corrélation en ligne. Consulté le 24/10/2020, <http://www.sthda.com/french/wiki/logiciel-web-de-calcul-du-coefficient-de-correlation>
207. Swingle W.T (1928) Metaxenia in the date palm. *J. Heredity*, 19, 257-268.
208. Tabet S (2008) *Le changement climatique en Algérie Orientale et ses conséquences sur la végétation forestière*. Mémoire de Magistère, Département de biologie et d'écologie, Université Mentouri – Constantine, Algérie, 125 p.
209. Tajini F, Bouali Y et Ouerghui A (2020) Etude de la qualité nutritionnelle de fruit de *Phoenix dactylifera* L. : mesure des paramètres biochimiques. *Revue Nature et Technologie*, 12 (2), 39-49.
210. Tibermacine I (2016) L'importance de la typologie des habitats collectifs sur les conditions thermiques intérieures et l'efficacité énergétique – Cas de climat chaud et sec. Mémoire de Magistère, Université Mohamed Khider, Biskra, Algérie, 228 p.
211. Tir K (2009) *Climagramme d'Emberger : Analyse et correction dans quelques stations météorologiques de l'Est Algérien*. Mémoire de magister, Faculté des Sciences de la Nature et de vie, Constantine, Algérie, 99 p.
212. Toutain G (1967) Le palmier dattier. Culture et production. *Al Awamia*, 25, 83-151.
213. Toutain G (1972) *Le palmier dattier et sa fusariose vasculaire (Bayoud)*. INRA, Paris, France, 179 p.
214. Toutain G (1979) *Eléments d'agronomie saharienne, de la recherche au développement*. INRA-GRET, Paris, France, 277 p.
215. Toutain G, Bachra A et Meunier J.M (1974) Fertilisation du palmier dattier : i- essai de fumure indicatif sur palmiers dattiers. *Al Awamia*, 53, 89-111.
216. Triki N (2009) *Sécheresse pluviométrique durant ces dernières décennies sur les hautes plaines sud Oranaïses*. Mémoire de magister, Faculté des sciences de la terre, géographie et aménagement du territoire, Oran, Algérie, 122 p.
217. Van Schaik C.P, Terborgh J.W et Joseph S (1993) The Phenology of Tropical Forests: Adaptive Significance and Consequences for Primary Consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 24, 353-377.
218. Walker AS (1992) *Deserts: Geology and Resources*. U.S. Government Printing Office, USA, 61 p.
219. Wang L.K, Shammass N.K, Clint W, Chen W.Y et Sakellariopoulos G (2007) Evaporation Processes. In : *Advanced Physicochemical Treatment Processes*, 549-579. DOI : 10.1007/978-1-59745-029-4_17
220. Wrigley G (1995) *Evolution of crop plants, Date palm*. Longman Group, Essex, UK, 399-403.
221. Xia J (2020) *Proposition relative à la célébration d'une Année internationale du palmier dattier*. Vingt-septième session du Comité de l'agriculture, FAO, 7 p.
222. Yahiaoui D (2015) *Impact des variations climatiques sur l'agriculture en Oranie*. Mémoire de Magister, Département de biologie, Université d'Oran 1, Oran, Algérie, 121 p.

223. Yohannes H (2016) A Review on Relationship between Climate Change and Agriculture. *J Earth Sci Clim Change*. 7 (2), 335.
224. Zaid A (2010) The World date production: a challenging case study. *Date Palm Research and Development Programme*, United Nations Office for Project Services/UNOPS, Al Ain, UAE, 902-915.
225. Zaid A et Arias-Jiménez E.J (2002) *Date palm cultivation*. FAO Plant Production and Protection, Paper 156, 1, Rome, Italie. Consulté le 24/12/2020, <http://www.fao.org/docrep/006/Y4360E/y4360e00.htm>
226. Zaid A et De Wet P.F (2002) Botanical and systematic description of the date palm. *FAO Plant Prod. Prot*, 156, 1-28.
227. Zekiri A(2016) *Biskra, histoire et sites archéologiques*. Edition Ali BENZID, Biskra, Algérie, 88 p.
228. Zohary D et Hopf M (2000) *Domestication of plants in the Old World*. Oxford University Press, New York, USA, 316 p.



Annexes

Annexe 1. Guide d'enquête

- N° d'enquête :
- Date d'enquête :
- Commune :
- Zone :
- Localisation géographique :

1- Identification de la personne enquêtée	
Nom et prénom	
Age	
Niveau d'instruction	
Nombre de copropriétaires	
Activités de la personne enquêtée	
Lieu de résidence	
Origine de la personne enquêtée	
Autres remarques	
2- Identification de l'exploitation	
Lieu	Intérieur de la ville
	A proximité de la ville
	Hors ville
Age de la plantation	
Superficie totale	
Statut foncier	Héritage
	Achat
	Propriété
	Autre
Palmeraie	Ancienne
	Mise en valeur
3- Structure de l'exploitation	
Structure variétale	Mono
	Poly
Variétés existantes	
Nombre de palmiers dattiers	Total
	En rapport
	Improductive
Type de plantation	Améliorée
	Classique
Ecartement	
Superficie occupée par le palmier dattier	
Hauteur moyenne des palmiers	
Nombre de Dokkars	
Superficie des cultures sous-jacentes	Surface irriguée
	Une partie de la surface irriguée

	Absente
Nature des cultures sous-jacentes	
Autres remarques	
4- Conduite de la plantation phœnicicole	
4-1- Irrigation	
Source d'eau d'irrigation	Puits
	Forage
Mode d'exploitation de la source	Collectif
	Individuel
Etat du réseau d'irrigation	Bon
	Moyen
	Mauvais
Système d'irrigation	Submersion
	Goutte à goutte
	Autres
Fréquence d'irrigation	Eté
	Hiver
L'eau est-elle suffisante ?	Oui
	Non
La consommation de l'eau d'irrigation a-t-elle augmentée les dix dernières années ?	Oui
	Non
Qualité d'eau	Douce
	Salée
Problèmes liés à l'irrigation	
Autres remarques	
4-2- Drainage	
Existe-il un réseau du drainage ?	Oui
	Non
L'efficacité des drains :	Bonne
	Moyenne
	Mauvaise
L'entretien des drains est-il :	Régulier
	Occasionnel
	Inexistant
Problèmes liés au drainage ?	

4-3- Fertilisation	
Réalisation de la fertilisation	Fréquemment
	Parfois
	Absente
Source de matière organique	
Type d'amendement	Physique
	Organique
	Minérale
4-4- Pollinisation	
Pollinisation	Fréquemment
	Parfois
	Absente
Origine de pollen	
Pollinisation ?	Totale
	Partielle
4-5- Techniques culturales	
Toilette du palmier	Fréquemment
	Parfois
	Absente
4-6- Récolte	
Méthode de la récolte	
Durée de la récolte	
Récolte	Total
	Partielle
5- Production du palmier dattier	
Quantité	
Rendement par pied	
Lieu de stockage	Dans la palmeraie
	Au sein des habitations
	Chambres froides
	Pas de lieu de stockage
	Vente de la production
	Autres « à préciser »
Mode de conservation	Ecrasée
	Pilée
	Aucune
	Autres « à préciser »
Conditions de stockage	Bonnes
	Moyennes
	Mauvaises
Problèmes rencontrés	
6- Etat de l'exploitation	
Etat d'entretien de l'exploitation	Faible
	Moyen

	Important
7- Etat phytosanitaire	
Maladies	
Déprédateurs	Boufaroua
	Cochenille blanche
	Apathe monachus
	Ver de la datte
	Oiseaux
	Autres
Existence des mauvaises herbes	Faible
	Moyenne
	Importante
Dégâts	Grands
	Moyens
	Faibles
Lutte préventive	Oui
	Non
Type de lutte	
Réalisation des traitements phytosanitaires	Fréquemment
	Parfois
	Absente
Type	
Quantité	
Epoque	
Mode	
Problèmes rencontrés	
Quantité des produits phytosanitaires	
Quantité des engrais	
8- Brise vent	
Existe-il une brise vent	Oui
	Non
Nature	Vivant
	Inerte
	Mixte
Etat	Efficace
	Non efficace
9- Main d'œuvre	
Durée	Permanente
	Saisonnière
Nature	Salarié
	Familiale
	Femmes ou/et enfants
	Mixte
Type et nombre de matériels	

10- Vulgarisation					
Recevez-vous des agents de vulgarisation ?					
A quelle fréquence ?					
Comment se fait la séance de vulgarisation ?					
Est-ce que l'agent vulgarisateur répond à vos préoccupations ?					
Comment voyez-vous leurs réponses ?					
11- Elevage					
Pratiquez-vous l'élevage au sein de l'exploitation ?					
Si oui, s'agit-il d'un troupeau			Familial		
			Un élevage pour la vente		
			Les deux à la fois		
Espèces élevées					
Locale					
Importée					
Les deux					
Effectif					
Cas des caprins et des ovins			Intensif		
			Extensif		
			Semi-intensif/semi-extensif		
Place des dattes et des produits du palmier dattier dans l'élevage ?					
12- Equipements électrifiés					
Lié au réseau d'électricité ?			Oui		
			Non		
Nombre et nature des appareils électriques ?					
Coupures d'électricité			Nombre de fois par jour ?		
			Durée ?		
Les horaires d'utilisation de l'électricité ?					
Le coût moyen d'une facture d'électricité ?			Eté		
			Hiver		
13- Impact du climat sur la phœniciculture					
Changement de la qualité des dattes					
Baisse de la production (rendements)					
Variabilité des stades phénologiques (dates)			Emergence des spathes	Mâles	
				Femelles	
			Ouverture des	Mâles	

	spathes	Femelles	
	Pollinisation	Début	
		Fin	
	Maturité Tmar	Début	
		Fin	
Récolte			
Apparition de Boufaroua			
Apparition de la pyrale			
Autres ennemi et/ou maladies			
Qualité organoleptique	Consistance	Molle	
		Desséchée	
	Forme		
	Couleur		
	Goût		
	Odeur		
Précocité ou tardivité de la maturité par rapport aux dix dernières années			
Apparition / disparition des maladies, ravageurs, etc. par rapport aux dix dernières années			
Autres			
14- Questions ouvertes			
Votre exploitation, est-elle assurée ? Si non, pourquoi ?			
Quelle est le prix de la consommation d'une heure d'eau ?			
Le coût d'un kg de datte ?			
Comment voyez-vous la rentabilité de la palmeraie ?			
Comment voyez-vous l'avenir de votre palmeraie?			
Quelles sont les variétés disparues ?			
Quelles sont les variétés que vous souhaitez cultiver ?			
Comment voyez-vous la biodiversité ?			
Combien de rejets/an avez-vous cultivé pendant les dix dernières années ?			

Comment valorisez-vous, la biomasse phœnicicole ?	
Apprenez-vous à vos enfants, comment approchés l'exploitation ?	
Quels sont vos projets agricoles ?	
Quels sont vos projets extra-agricoles ?	
Avez-vous noté des baisses de rendements ?	
Autres remarques	

(Auteur, 2015)

Annexe 2. Fiche d'enquête (en arabe)

رقم الإستبيان :	إسم و لقب الشخص :		
تاريخ الإستبيان :	السن :		
البلدية :	عدد الشركاء في البستان :		
الجهة :	عمل الشخص :		
الموقع الجغرافي :	مكان الإقامة :	في البستان	
		بالقرب من البستان	
		في المدينة أو القرية	
		في مكان آخر	
		من سكان المنطقة	
		من مكان آخر (مع التحديد)	
مكان البستان :	بستان النخيل :	ملاصق للمدينة أو القرية	
		بالقرب من المدينة أو القرية	
	أصناف النخيل :	بعيد عن المدينة أو القرية	
سن النخيل :			
مساحة البستان :	عدد النخيل :	المنتج	
وضعية البستان :		ميراث	
البستان :	نوع الغراسه :	شراء	
		آخر (مع التحديد)	
		قديم	
		جديد	
النباتات التحتية :	سقي البستان :	آخر (مع التحديد)	
		لا	
	الأشجار المثمرة :	ماء السقي :	نعم (ما هي الأصناف)
			لا
نعم (ما هي الأصناف)			
إستغلال الماء :			
	فردي		
	جماعي		

هل توجد شبكة لصرف مياه السقي :	نعم	وضعية شبكة السقي :	جيدة
هل الشبكة فعالة :	لا		متوسطة
	نعم		متهترئة
هل يتم تسميد النخيل :	لا	طريقة السقي	بالغمر
	نعم		بالتقطير
	لا		أخرى (مع التحديد)
نوع التسميد :	أحيانا	عدد مرات السقي :	الصيف
			الشتاء
تلقيح النخيل :	لا	هل ماء السقي كافي :	نعم
	أحيانا		لا
	دائما	هل زاد إستهلاك مياه السقي خلال الـ 30 سنة الأخيرة :	نعم
			لا
الذكور :	من البستان	درجة الحرارة :	تزايدت
	شراء		تناقصت
	آخر (مع التحديد)		لم تتغير
هل زاد مردود النخل خلال الـ 30 سنة الماضية :	زاد	كمية الأمطار :	تزايدت
	نقص		تناقصت
	لم يتغير		لم تتغير
نوعية التمر :	تحسنت	الرطوبة :	تزايدت
	تدهورت		تناقصت
	لم تتغير		لم تتغير
وضعية زراعة النخيل خلال الـ 30 سنة الماضية :	تحسنت	هل التأثير السلبي لدرجة الحرارة على إنتاج التمر :	زاد
	تدهورت		نقص
	لم تتغير		لم يتغير
أمراض النخيل :	زادت	هل التأثير السلبي للأمطار على إنتاج التمر :	زاد
	نقصت		نقص
	لم تتغير		لم يتغير
ما هي أمراض النخيل قبل 30 سنة ؟		هل التأثير السلبي للفيضانات على إنتاج التمر :	زاد
			نقص
			لم يتغير
ما هي أمراض النخيل حاليا ؟		هل التأثير السلبي للرطوبة على إنتاج التمر :	زاد
			نقص
			لم يتغير
أعداء النخيل (حشرات، طيور، إلخ) :	زادت	مراحل نمو التمر	
	نقصت		
	لم تتغير		
أهم أعداء النخيل (حشرات، طيور، إلخ) :	قبل 30 سنة	تاريخ ظهور الطلعة :	تقدم
	حاليا		تأخر
			لم يتغير
الحشائش و النباتات الضارة :	زادت	تاريخ ظهور الذكور :	تقدم
	نقصت		تأخر
	لم تتغير		لم يتغير
أهم الحشائش و النباتات الضارة :	قبل 30 سنة	تاريخ تفتح الطلعة :	تقدم
	حاليا		تأخر
			لم يتغير
هل ربيت الحيوانات (قبل 30 سنة) :	نعم	تاريخ تفتح الذكور :	تقدم
	لا		تأخر
ما هي الحيوانات المرباة ؟			لم يتغير
هل التمور و مشتقاتها	نعم	تاريخ التلقيح :	تقدم

تأخر		لا	هي الغذاء الأساسي للحيوانات ؟
لم يتغير		نعم	هل تربي الحيوانات حاليا
تقدم	تاريخ بداية نضج التمر :	لا	ما هي الحيوانات المرباة ؟
تأخر			هل التمور و مشتقاتها هي الغذاء الأساسي للحيوانات ؟
لم يتغير	تاريخ بداية القطف :	نعم	هل تستخدم أجهزة و معدات تشتغل بالكهرباء ؟
تقدم		لا	ما هي هذه الأجهزة و المعدات ؟
تأخر	تاريخ بداية قطع العراجين :	نعم	أصناف التمور في البستان :
لم يتغير		لا	ما هي الأصناف الجديدة ؟
تقدم	مذاق التمر :	زادت	ما هو التأثير الذي تسببه درجات الحرارة المرتفعة على التمر ؟
تأخر		نقصت	ما هو التأثير الذي تسببه درجات الحرارة المنخفضة على التمر ؟
لم يتغير		لم تتغير	ما هي تأثيرات الرطوبة على التمر ؟
			ما هي تأثيرات الأمطار على التمر ؟
			ما هي تأثيرات الثلوج و البرد على التمر ؟
			ما هي تأثيرات الجليد على التمر ؟
			ما هي تأثيرات الفيضانات على التمر ؟
			ملاحظات أخرى :

(Auteur, 2019)

Annexe 3. Tableau récapitulatif des résultats de l'enquête

1. Identification des personnes enquêtées		Nombre	Taux (%)
Age	+ 60	22	56
	+ 70	15	39
	+ 80	2	5
Nombre de copropriétaires	0	20	51
	- 5	15	39
	+ 5	4	10
Autre activité de la personne enquêtée	Oui	12	31
	Non	27	69
Lieu de résidence	A l'intérieur	3	8

	A côté	11	28
	Dans la ville	25	64
Origine de la personne enquêtée	De la région	37	95
	Hors région	2	5
2. Identification des exploitations agricoles			
Lieu	A proximité de la ville	25	64
	Hors ville	14	36
Age de la plantation	- 30	9	23
	+ 30	11	28
	+ 50	13	33
	+ 100	6	16
Statut foncier	Héritage	18	46
	Achat	12	31
	Autre	9	23
Palmeraie	Ancienne	29	74
	Mise en valeur	10	26
3. Structure des exploitations agricoles			
Structure variétale	Mono	2	5
	Poly	37	95
Type de plantation	Améliorée	14	36
	Classique	20	51
	Les deux	5	13
Ecartement	4*4	3	7
	5*5	12	29
	6*6	8	19
	7*7	5	12
	8*8	10	24
	9*9	4	9
Cultures sous-jacentes	Oui	18	46
	Non	21	54
Arboriculture	Oui	34	87
	Non	5	13
4. Conduite de la plantation phénicicole			
4.1. Irrigation			
Irrigation	Oui	37	95
	Non	2	5
Source d'eau d'irrigation	Puits	5	13
	Forage	34	87
Qualité d'eau d'irrigation	Douce	29	74
	Salée	10	26
Mode d'exploitation de la source	Collectif	23	59
	Individuel	16	41
Etat du réseau d'irrigation	Bon	20	51
	Moyen	15	39

	Mauvais	4	10
4.2. Drainage			
Existe-il un réseau de drainage ?	Oui	2	5
	Non	37	95
4.3. Fertilisation			
Réalisation de la fertilisation	Fréquemment	27	69
	Parfois	10	26
	Absente	2	5
Source de la matière organique	De chez l'agriculteur	2	10
	Achat	19	90
Type d'amendement	Organique	21	/
	Minérale	32	/
4.4. Pollinisation			
Origine du Dokkar	Exploitation	33	/
	Achat	24	/
	Autre	4	/
5. Elevage à l'intérieur de la palmeraie			
Avant 30 ans	Oui	14	36
	Non	25	64
Actuellement	Oui	9	23
	Non	30	77
6. Utilisation d'électricité			
	Oui	22	44
	Non	17	56
7. Situation de la phœniciculture			
Améliorée	Oui	27	69
	Non	12	31
Maladies du palmier dattier	Augmentées	10	26
	Diminuées	18	46
	Sans changement	11	28
Prédateurs	Augmentés	3	8
	Diminués	26	67
	Sans changement	10	25
Mauvaises herbes	Augmentées	13	33
	Diminuées	23	59
	Sans changement	3	8
8. Biodiversité variétale	Dégradée	13	33
	Améliorée	1	3
	Sans changement	25	64
9. Production des dattes			
9.1. Quantité des dattes	Améliorée	19	49
	Dégradée	15	38
	Sans changement	5	13
9.2. Qualité des dattes	Améliorée	12	31

	Dégradée	22	56
	Sans changement	5	13
9.3. Goût des dattes	Améliorée	3	8
	Dégradée	23	59
	Sans changement	13	33
10. Variation du climat			
Température de l'air	Augmentées	31	79
	Diminuées	5	13
	Sans changement	3	8
Humidité	Augmentée	10	26
	Diminuée	21	54
	Sans changement	8	20
Précipitations	Augmentées	0	0
	Diminuées	37	95
	Sans changement	2	5
Sécheresse	Augmentée	36	92
	Diminuée	3	8
	Sans changement	0	0
11. Variation des stades phénologiques			
Apparition des spathes mâles	Avancée	24	62
	Reculée	2	5
	Sans changement	13	33
Apparition des spathes femelles	Avancée	21	54
	Reculée	4	10
	Sans changement	14	36
Ouverture des spathes mâles	Avancée	23	59
	Reculée	2	5
	Sans changement	14	36
Ouverture des spathes femelles	Avancée	22	56
	Reculée	3	8
	Sans changement	14	36
Pollinisation	Avancée	22	57
	Reculée	4	10
	Sans changement	13	33
Début de maturité	Avancée	28	72
	Reculée	1	2
	Sans changement	10	26
Début de la récolte	Avancée	28	72
	Reculée	1	2
	Sans changement	10	26
Fin de la récolte	Avancée	28	72
	Reculée	1	2
	Sans changement	10	26

(Auteur, 2021)

Annexe 4. Résultats de l'analyse de variance multivariée (MANOVA)**4.1. Dates de début des stades phénologiques****Tests of Between-Subjects Effects**

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	Apparition des spathes Male	33,546 ^a	2	16,773	3,571	,064	,394
	Eclatement des spathes Male	22,659 ^b	2	11,330	3,436	,069	,385
	Apparition des spathes Femelle	25,699 ^c	2	12,850	4,610	,035	,456
	Eclatement des spathes Femelle	18,267 ^d	2	9,133	1,540	,257	,219
	Début de la Pollinisation	18,188 ^e	2	9,094	2,372	,139	,301
	Fin de la Pollinisation	26,569 ^f	2	13,285	,675	,529	,109
	Début de maturité	2,850 ^g	2	1,425	,244	,788	,042
	Fin de maturité	51,511 ^h	2	25,755	4,613	,035	,456
	Récolte	,791 ⁱ	2	,396	,162	,853	,029
Intercept	Apparition des spathes Male	107,312	1	107,31 2	22,84 6	,001	,675
	Eclatement des spathes Male	115,428	1	115,42 8	35,00 8	,000	,761
	Apparition des spathes Femelle	104,077	1	104,07 7	37,34 3	,000	,772
	Eclatement des spathes Femelle	96,142	1	96,142	16,21 2	,002	,596
	Début de la Pollinisation	109,562	1	109,56 2	28,58 0	,000	,722

	Fin de la Pollinisation	267,515	1	267,515	13,601	,004	,553
	Début de maturité	1040,337	1	1040,337	177,795	,000	,942
	Fin de maturité	1136,033	1	1136,033	203,464	,000	,949
	Récolte	1240,123	1	1240,123	506,680	,000	,979
A	Apparition des spathes Male	23,321	1	23,321	4,965	,048	,311
	Eclatement des spathes Male	,699	1	,699	,212	,654	,019
	Apparition des spathes Femelle	4,507	1	4,507	1,617	,230	,128
	Eclatement des spathes Femelle	1,846	1	1,846	,311	,588	,028
	Début de la Pollinisation	3,081	1	3,081	,804	,389	,068
	Fin de la Pollinisation	25,885	1	25,885	1,316	,276	,107
	Début de maturité	2,072	1	2,072	,354	,564	,031
	Fin de maturité	6,641	1	6,641	1,189	,299	,098
	Récolte	,061	1	,061	,025	,877	,002
P	Apparition des spathes Male	19,739	1	19,739	4,202	,065	,276
	Eclatement des spathes Male	22,372	1	22,372	6,785	,024	,382
	Apparition des spathes Femelle	25,180	1	25,180	9,034	,012	,451
	Eclatement des spathes Femelle	12,221	1	12,221	2,061	,179	,158
	Début de la Pollinisation	10,396	1	10,396	2,712	,128	,198
	Fin de la Pollinisation	5,038	1	5,038	,256	,623	,023

	Début de maturité	1,578	1	1,578	,270	,614	,024
	Fin de maturité	32,314	1	32,314	5,787	,035	,345
	Récolte	,560	1	,560	,229	,642	,020
Error	Apparition des spathes Male	51,668	11	4,697			
	Eclatement des spathes Male	36,269	11	3,297			
	Apparition des spathes Femelle	30,658	11	2,787			
	Eclatement des spathes Femelle	65,233	11	5,930			
	Début de la Pollinisation	42,169	11	3,834			
	Fin de la Pollinisation	216,359	11	19,669			
	Début de maturité	64,365	11	5,851			
	Fin de maturité	61,418	11	5,583			
	Récolte	26,923	11	2,448			
Total	Apparition des spathes Male	531,000	14				
	Eclatement des spathes Male	1211,000	14				
	Apparition des spathes Femelle	785,000	14				
	Eclatement des spathes Femelle	1627,000	14				
	Début de la Pollinisation	2005,000	14				
	Fin de la Pollinisation	3015,000	14				
	Début de maturité	18865,00 0	14				
	Fin de maturité	24893,00 0	14				

	Récolte	24556,00 0	14				
Corrected Total	Apparition des spathes Male	85,214	13				
	Eclatement des spathes Male	58,929	13				
	Apparition des spathes Femelle	56,357	13				
	Eclatement des spathes Femelle	83,500	13				
	Début de la Pollinisation	60,357	13				
	Fin de la Pollinisation	242,929	13				
	Début de maturité	67,214	13				
	Fin de maturité	112,929	13				
	Récolte	27,714	13				

(Auteur, 2021)

- a. R Squared = ,394 (Adjusted R Squared = ,283)
- b. R Squared = ,385 (Adjusted R Squared = ,273)
- c. R Squared = ,456 (Adjusted R Squared = ,357)
- d. R Squared = ,219 (Adjusted R Squared = ,077)
- e. R Squared = ,301 (Adjusted R Squared = ,174)
- f. R Squared = ,109 (Adjusted R Squared = -,053)
- g. R Squared = ,042 (Adjusted R Squared = -,132)
- h. R Squared = ,456 (Adjusted R Squared = ,357)
- i. R Squared = ,029 (Adjusted R Squared = -,148)

4.2. Durée des stades phénologiques

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	Apparition-Eclatement des spathes	13,548 ^a	2	6,774	3,267	,077	,373

	Apparition des spathes- Début de maturité	10,033 ^b	2	5,016	,676	,529	,109
	Apparition des spathes- Fin de maturité	25,958 ^c	2	12,979	1,407	,286	,204
	Date de la pollinisation- Début de maturité	4,940 ^d	2	2,470	,272	,767	,047
	Date de la pollinisation- Fin de maturité	16,011 ^e	2	8,006	1,112	,363	,168
Intercept	Apparition-Eclatement des spathes	,072	1	,072	,035	,855	,003
	Apparition des spathes- Début de maturité	480,483	1	480,48 3	64,70 6	,000	,855
	Apparition des spathes- Fin de maturité	779,187	1	779,18 7	84,46 9	,000	,885
	Date de la pollinisation- Début de maturité	273,548	1	273,54 8	30,11 5	,000	,732
	Date de la pollinisation- Fin de maturité	522,480	1	522,48 0	72,56 4	,000	,868
A	Apparition-Eclatement des spathes	12,670	1	12,670	6,110	,031	,357
	Apparition des spathes- Début de maturité	5,047	1	5,047	,680	,427	,058
	Apparition des spathes- Fin de maturité	3,998	1	3,998	,433	,524	,038
	Date de la pollinisation- Début de maturité	,317	1	,317	,035	,855	,003
	Date de la pollinisation- Fin de maturité	8,105	1	8,105	1,126	,311	,093
P	Apparition-Eclatement des spathes	,014	1	,014	,007	,936	,001

	Apparition des spathes- Début de maturité	7,735	1	7,735	1,042	,329	,087
	Apparition des spathes- Fin de maturité	15,372	1	15,372	1,666	,223	,132
	Date de la pollinisation- Début de maturité	4,935	1	4,935	,543	,477	,047
	Date de la pollinisation- Fin de maturité	3,543	1	3,543	,492	,498	,043
Error	Apparition-Eclatement des spathes	22,809	11	2,074			
	Apparition des spathes- Début de maturité	81,682	11	7,426			
	Apparition des spathes- Fin de maturité	101,470	11	9,225			
	Date de la pollinisation- Début de maturité	99,917	11	9,083			
	Date de la pollinisation- Fin de maturité	79,203	11	7,200			
Total	Apparition-Eclatement des spathes	181,000	14				
	Apparition des spathes- Début de maturité	12572,00 0	14				
	Apparition des spathes- Fin de maturité	16722,00 0	14				
	Date de la pollinisation- Début de maturité	6706,000	14				
	Date de la pollinisation- Fin de maturité	9821,000	14				
Corrected Total	Apparition-Eclatement des spathes	36,357	13				

Apparition des spathes- Début de maturité	91,714	13				
Apparition des spathes- Fin de maturité	127,429	13				
Date de la pollinisation- Début de maturité	104,857	13				
Date de la pollinisation- Fin de maturité	95,214	13				

(Auteur, 2021)

a. R Squared = ,373 (Adjusted R Squared = ,259)

b. R Squared = ,109 (Adjusted R Squared = -,053)

c. R Squared = ,204 (Adjusted R Squared = ,059)

d. R Squared = ,047 (Adjusted R Squared = -,126)

e. R Squared = ,168 (Adjusted R Squared = ,017)

4.3. Besoins thermiques

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	Apparition-Eclatement des spathes	24348,294 ^a	2	12174,147	3,256	,077	,372
	Apparition des spathes- Début de maturité	405727,772 ^b	2	202863,886	1,362	,296	,198
	Apparition des spathes- Fin de maturité	618127,205 ^c	2	309063,603	2,844	,101	,341
	Date de la pollinisation-Début de maturité	222923,476 ^d	2	111461,738	,645	,543	,105
	Date de la pollinisation-Fin de maturité	975824,328 ^e	2	487912,164	3,802	,056	,409

Intercept	Apparition-Eclatement des spathes	424,157	1	424,157	,113	,743	,010
	Apparition des spathes-Début de maturité	5985576,986	1	5985576,986	40,181	,000	,785
	Apparition des spathes-Fin de maturité	9096199,443	1	9096199,443	83,699	,000	,884
	Date de la pollinisation-Début de maturité	6036023,550	1	6036023,550	34,947	,000	,761
	Date de la pollinisation-Fin de maturité	8179184,642	1	8179184,642	63,728	,000	,853
A	Apparition-Eclatement des spathes	23367,501	1	23367,501	6,250	,030	,362
	Apparition des spathes-Début de maturité	23863,716	1	23863,716	,160	,697	,014
	Apparition des spathes-Fin de maturité	6583,398	1	6583,398	,061	,810	,005
	Date de la pollinisation-Début de maturité	8924,920	1	8924,920	,052	,824	,005
	Date de la pollinisation-Fin de maturité	61500,311	1	61500,311	,479	,503	,042
P	Apparition-Eclatement des spathes	185,208	1	185,208	,050	,828	,004
	Apparition des spathes-Début de maturité	404927,110	1	404927,110	2,718	,127	,198
	Apparition des spathes-Fin de maturité	527565,670	1	527565,670	4,854	,050	,306

	Date de la pollinisation-Début de maturité	221203,433	1	221203,433	1,281	,282	,104
	Date de la pollinisation-Fin de maturité	715152,316	1	715152,316	5,572	,038	,336
Error	Apparition-Eclatement des spathes	41124,246	11	3738,568			
	Apparition des spathes-Début de maturité	1638626,492	11	148966,045			
	Apparition des spathes-Fin de maturité	1195450,647	11	108677,332			
	Date de la pollinisation-Début de maturité	1899904,659	11	172718,605			
	Date de la pollinisation-Fin de maturité	1411788,746	11	128344,431			
Total	Apparition-Eclatement des spathes	399872,375	14				
	Apparition des spathes-Début de maturité	1,708E8	14				
	Apparition des spathes-Fin de maturité	2,288E8	14				
	Date de la pollinisation-Début de maturité	1,571E8	14				
	Date de la pollinisation-Fin de maturité	2,032E8	14				
Corrected Total	Apparition-Eclatement des spathes	65472,540	13				

Apparition des spathes- Début de maturité	2044354,264	13				
Apparition des spathes- Fin de maturité	1813577,852	13				
Date de la pollinisation-Début de maturité	2122828,134	13				
Date de la pollinisation-Fin de maturité	2387613,074	13				

(Auteur, 2021)

- a. R Squared = ,372 (Adjusted R Squared = ,258)
- b. R Squared = ,198 (Adjusted R Squared = ,053)
- c. R Squared = ,341 (Adjusted R Squared = ,221)
- d. R Squared = ,105 (Adjusted R Squared = -,058)
- e. R Squared = ,409 (Adjusted R Squared = ,301)

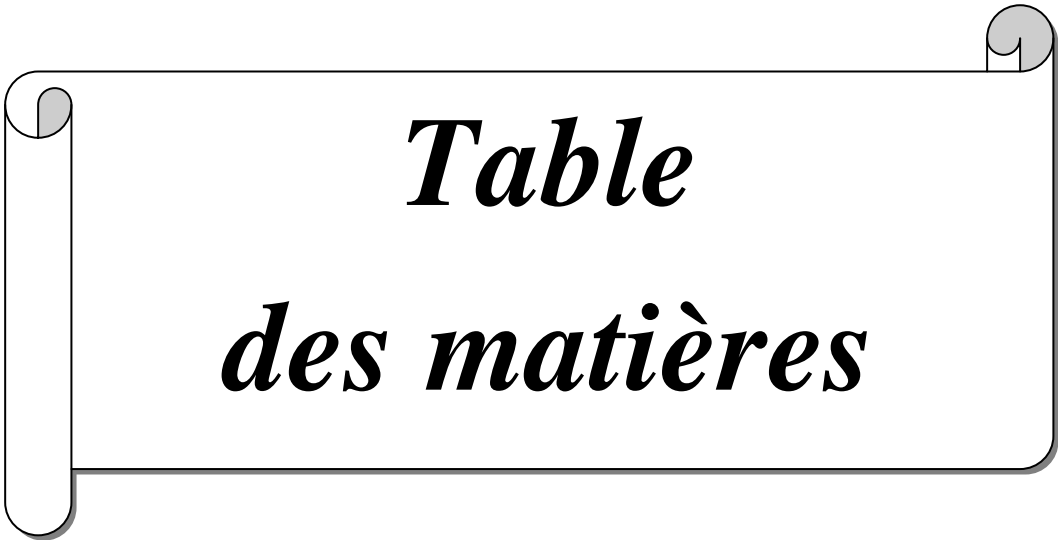
A decorative scroll frame with a light gray background and a dark gray border. The frame has a vertical strip on the left side and a horizontal strip on the top, both with rounded ends. The text is centered within the frame.

Table des matières

Remerciements	i
Dédicace	ii
Résumé	iii
ملخص	iv
Summary	v
Publications à comité de lecture	vi
Présentations dans des manifestations scientifiques	vi
Sommaire	vii
Liste des abréviations	viii
Liste des annexes	viii
Liste des figures	viii
Liste des photos	xi
Liste des tableaux	xi
Introduction et problématique de la recherche	01
Première partie : Revue bibliographique	06
Chapitre I : Climat et changement climatique	07
1. Climat	07
1.1. Météorologie	08
1.2. Principaux éléments du climat	08
1.2.1. Pression atmosphérique	09
1.2.2. Température	09
1.2.3. Vent	10
1.2.4. Précipitations	10
1.2.5. Humidité	11
1.2.6. Evaporation et évapotranspiration	12
1.2.7. Ensoleillement	13
2. Variation climatique	13
2.1. La paléoclimatologie	13
2.2. Reconstitution des paléoclimats	14
3. Réchauffement climatique	14
4. Changement climatique	15
5. Impacts du changement climatique	15
6. Impacts du changement climatique sur l'agriculture	17
Chapitre II : La palmeraie et son environnement	21
1. Désert et Sahara	21
2. Oasis	22
3. Phœniciculture	25
4. Palmier dattier	26
4.1. Classification et caractéristiques	27
4.2. Origine et aires de culture	27
4.3. Exigences	27
4.4. Cycle phénologique du palmier dattier	29
4.4.1. Définition du cycle phénologique	29
4.4.2. Stades phénologiques du palmier dattier	30
Chapitre III : Présentation de la région de l'étude	33
1. Situation géographique et administrative	33
2. Historique des Ziban	35
3. Caractéristiques naturelles	35
3.1. Caractéristiques abiotiques	35
3.2. Caractéristiques biotiques	36

4. Caractéristiques climatiques	37
5. L'agriculture à Biskra	38
6. La phœniciculture à Biskra	39
6.1. Evolution du nombre de palmiers dattier à Biskra	43
6.2. Evolution du nombre de palmiers Deglet Nour à Biskra	44
6.3. Evolution de la production de dattes à Biskra	44
6.4. Evolution des rendements de dattes à Biskra	45
Deuxième partie : Matériel et méthodes	47
Première section : Partie expérimentale	48
1. Deglet Nour	48
2. Zones d'installation des thermo-hygromètres	48
3. Séries de données climatiques disponibles	50
4. Instrument de mesure et d'enregistrement des données de la température et de l'humidité relative de l'air	51
5. Programme de sélection des valeurs journalières maximales et minimales de la température et de l'humidité relative de l'air	53
6. Suivi du cycle phénologique de Deglet Nour	54
7. Calcul de degré-jour	56
Deuxième section : Enquête de terrain	57
Troisième section : Outils d'analyses	60
1. Test de tendance de Mann-Kendall	60
2. Analyses de la sécheresse météorologique	61
2.1. Indice de pluviosité (Ip)	62
2.2. Indice de l'écart à la moyenne (Em)	62
2.3. Indice du nombre d'écarts type	63
2.4. Analyse fréquentielle	63
2.5. Indice de précipitations normalisé	64
3. Test de corrélation	65
4. Analyse de variance multivariée	65
5. Analyse en composantes principales	66
Quatrième section : Méthodologie du travail	67
Troisième partie : Résultats et discussion	69
Chapitre I : Résultats de l'enquête de terrain	70
1. Identification des personnes enquêtées	70
2. Identification des exploitations agricoles	70
3. Structure des exploitations agricoles	71
4. Conduite de la plantation phœnicicole	72
4.1. Irrigation	72
4.2. Drainage	74
4.3. Fertilisation	75
4.4. Pollinisation	75
5. Situation de la phœniciculture	76
6. Biodiversité variétale	77
7. Production des dattes	78
7.1. Quantité des dattes	78
7.2. Qualité des dattes	78
7.3. Goût des dattes	79
8. Perceptions des phœniciculteurs concernant le changement du climat	79
9. Variation des stades phénologiques du palmier dattier	80
10. Impacts du climat sur les dattes	81

11. Corrélation entre les paramètres climatiques et la phœniciculture	83
Chapitre II : Analyse des données climatiques de Biskra	86
1. Température de l'air	86
1.1. Evolution de la température	86
1.2. Test de tendance de Mann-Kendall	88
1.3. Vagues de chaleur	89
1.3.1. Evolution du nombre de journées chaudes	90
1.3.2. Evolution du nombre des vagues de chaleur	91
2. Précipitations	92
2.1. Evolution des précipitations	92
2.2. Variabilité de la sécheresse météorologique	94
2.2.1. Indice de pluviosité	94
2.2.2. Indice de l'écart à la moyenne	94
2.2.3. Indice du nombre d'écarts type	95
2.2.4. Analyse fréquentielle	96
2.2.5. Indice de précipitations normalisé	97
2.2.6. Comparaison entre la répétitivité des années sèches et des années humides	97
3. Vitesse moyenne du vent	98
4. Humidité relative de l'air	99
5. Evaporation	100
6. Ensoleillement	100
7. Synthèse climatique de Biskra	101
7.1. Diagramme ombrothermique	102
7.2. Climagramme d'Emberger	103
8. Scénarios de l'évolution du climat dans la région des Ziban	105
8.1. Evolution future de la température de l'air	105
8.2. Evolution future des précipitations	107
8.3. Evolution future de l'évaporation et de l'humidité de l'air	107
Chapitre III : Relation entre les conditions climatiques et les rendements de dattes	109
1. Relation entre la variation des températures de l'air et les rendements des dattes	109
1.1. Rendements des dattes en Algérie	109
1.2. Rendements des dattes à Biskra	110
1.3. Rendements de la Deglet Nour à Biskra	111
2. Relation entre la variation des précipitations et les rendements des dattes	113
2.1. Rendements des dattes en Algérie	113
2.2. Rendements des dattes à Biskra	114
2.3. Rendements de la Deglet Nour à Biskra	115
Chapitre IV : Résultats de suivi du cycle phénologique de Deglet Nour dans la région des Ziban	117
1. Dates du début des principaux stades phénologiques et de la récolte	117
2. Durée des principaux stades phénologiques	122
3. Relation entre les conditions climatiques et le cycle phénologique de Deglet Nour dans la région des Ziban	125
3.1. Variation de la température de l'air et des dates du début des principaux stades phénologiques	126
3.2. Variation mensuelle de l'amplitude thermique	132
3.3. Variation mensuelle des conditions thermohygrométriques	134
3.4. Variation mensuelle des précipitations à Biskra	137

4. Besoins thermiques de Deglet Nour dans la région des Ziban	139
Conclusion et perspectives	144
Références bibliographiques	153
Annexes	168
Annexe 1. Guide d'enquête	170
Annexe 2. Fiche d'enquête (en arabe)	176
Annexe 3. Tableau récapitulatif des résultats de l'enquête	178
Annexe 4. Résultats de l'analyse de variance multivariée (MANOVA)	182
Annexe 4.1. Dates de début des stades phénologiques	182
Annexe 4.2. Durée des stades phénologiques	185
Annexe 4.3. Besoins thermiques	188
Table des matières	191
